

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10276061 A**(43) Date of publication of application: **13 . 10 . 98**

(51) Int. Cl.

H03H 9/25
C01G 9/02
H03H 3/08
H03H 9/145

(21) Application number: **09305629**(22) Date of filing: **07 . 11 . 97**

(30) Priority: **07 . 11 . 96 JP 08295183**
28 . 01 . 97 JP 09 14158

(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**

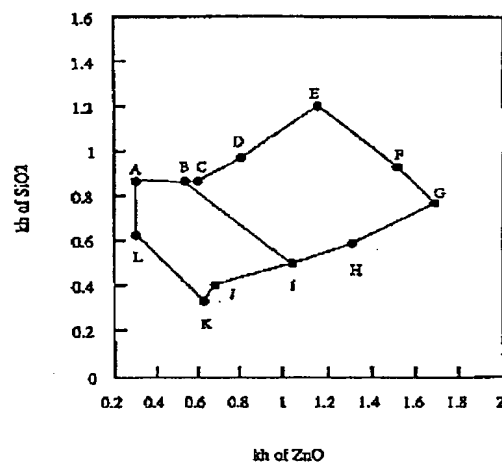
(72) Inventor: **NAKAHATA HIDEAKI**
KAMIMURA TOMOYOSHI
HIGAKI KENJIRO
FUJII SATORU
KITABAYASHI HIROYUKI
SHIKADA SHINICHI

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND ITS MANUFACTURE**(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the surface acoustic wave element having an excellent operating characteristic in a high frequency region.

SOLUTION: The element is provided with (i) a diamond layer, (ii) a ZnO layer placed on the diamond layer whose thickness is t_2 , (iii) interdigital electrodes whose thickness is t_A placed on the ZnO layer and (iv) an SiO_2 layer whose thickness is t_S placed on the ZnO layer while covering the interdigital electrodes. Let kh_3 be $2\pi(t_A/\lambda)$ with respect to a wavelength λ of a surface acoustic wave in the secondary mode, then the kh_3 is selected within a range of $0.003 \leq kh_3 \leq 0.099$. Thus, $kh_1 = 2\pi(t_2/\lambda)$, $kh_2 = 2\pi(t_S/\lambda)$ are given on 12 line segments of a region ABCDEFGHIJKLA and its inside.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



$$0.033 \leq kh \text{ of Al} \leq 0.099$$

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-276061

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int. Cl. ⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H03H 9/25

H03H 9/25

C

C01G 9/02

C01G 9/02

H03H 3/08

H03H 3/08

9/145

9/145

C

審査請求 未請求 請求項の数72 O L (全59頁)

(21) 出願番号 特願平9-305629

(22) 出願日 平成9年(1997)11月7日

(31) 優先権主張番号 特願平8-295183

(32) 優先日 平8(1996)11月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平9-14158

(32) 優先日 平9(1997)1月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 中幡 英章

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 上村 智喜

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 桧垣 賢次郎

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

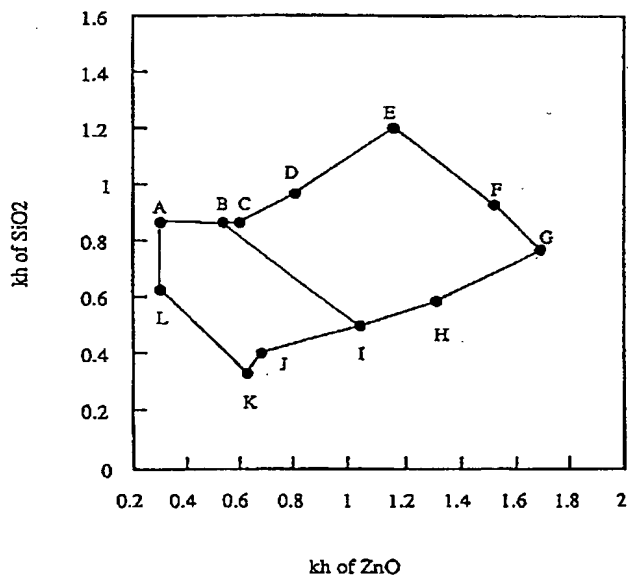
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面弾性波素子及び製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高周波領域で優れた動作特性を有する表面弾性波素子を提供する。

【解決手段】 (i) ダイヤモンド層と、(ii) 厚さ t_1 を有し、ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、(iii) 厚さ t_2 を有し、ZnO 層の上に配置される櫛型電極と、(iv) 厚さ t_3 を有し、櫛型電極を覆って ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、を備える表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_2/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_1/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_3/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図1に示される領域 ABCDEFGHIJKLA の12本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。

 $0.033 \leq kh \text{ of Al} \leq 0.099$

【特許請求の範囲】

【請求項1】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、0.033 ≤ kh_3 ≤ 0.099 の範囲にあり、且つ、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.87$)で与えられる点Aと、座標($kh_1=0.54$, $kh_2=0.87$)で与えられる点Bと、座標($kh_1=0.60$, $kh_2=0.87$)で与えられる点Cと、座標($kh_1=0.81$, $kh_2=0.97$)で与えられる点Dと、座標($kh_1=1.16$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Eと、座標($kh_1=1.52$, $kh_2=0.93$)で与えられる点Fと、座標($kh_1=1.69$, $kh_2=0.77$)で与えられる点Gと、座標($kh_1=1.31$, $kh_2=0.59$)で与えられる点Hと、座標($kh_1=1.04$, $kh_2=0.50$)で与えられる点Iと、座標($kh_1=0.68$, $kh_2=0.40$)で与えられる点Jと、座標($kh_1=0.63$, $kh_2=0.33$)で与えられる点Kと、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.63$)で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項2】 前記 kh_1 及び前記 kh_2 が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Iと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、6本の線分から成る領域A

BIJKLAの前記6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項1に記載の表面弾性波素子。

【請求項3】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、0.099 ≤ kh_3 ≤ 0.165 の範囲にあり、且つ、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.98$)で与えられる点Aと、座標($kh_1=0.40$, $kh_2=0.95$)で与えられる点Bと、座標($kh_1=0.45$, $kh_2=0.96$)で与えられる点Cと、座標($kh_1=0.60$, $kh_2=1.00$)で与えられる点Dと、座標($kh_1=1.04$, $kh_2=1.25$)で与えられる点Eと、座標($kh_1=1.53$, $kh_2=0.89$)で与えられる点Fと、座標($kh_1=1.60$, $kh_2=0.80$)で与えられる点Gと、座標($kh_1=1.22$, $kh_2=0.63$)で与えられる点Hと、座標($kh_1=1.00$, $kh_2=0.59$)で与えられる点Iと、座標($kh_1=0.89$, $kh_2=0.57$)で与えられる点Jと、座標($kh_1=0.53$, $kh_2=0.52$)で与えられる点Kと、座標($kh_1=0.53$, $kh_2=0.45$)で与えられる点Lと、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$)で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項4】 前記 kh_1 及び前記 kh_2 が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Cと、座標($kh_1=0.62$, $kh_2=0.77$)で与えられる点Nと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABCNJKLMAの前記8本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項3に記載の表面弾性波素子。

【請求項5】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi(t_i/\lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且

$$kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh_1=0.30$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Aと、

座標($kh_1=0.36$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Bと、

座標($kh_1=0.43$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Cと、

座標($kh_1=0.90$, $kh_2=1.37$)で与えられる点Dと、

座標($kh_1=1.05$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Eと、

座標($kh_1=1.52$, $kh_2=0.85$)で与えられる点Fと、

座標($kh_1=1.34$, $kh_2=0.79$)で与えられる点Gと、

座標($kh_1=1.05$, $kh_2=0.72$)で与えられる点Hと、

座標($kh_1=0.85$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Iと、

座標($kh_1=0.71$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Jと、

座標($kh_1=0.38$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Kと、

座標($kh_1=0.42$, $kh_2=0.55$)で与えられる点Lと、

座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$)で与え

れる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項6】 前記 kh_1 及び前記 kh_2 が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、座標($kh_1=0.43$, $kh_2=0.95$)で与えられる点Nと、座標($kh_1=0.61$, $kh_2=0.75$)で与えられる点Oと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABNOJKLMAの前記8本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項5に記載の表面弾性波素子。

【請求項7】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi(t_i/\lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且

$$kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh_1=0.30$, $kh_2=1.15$)で与えられる点Aと、

座標($kh_1=0.38$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Bと、

座標($kh_1=0.46$, $kh_2=1.32$)で与えられる点Cと、

座標($kh_1=0.60$, $kh_2=1.52$)で与えられる点Dと、

座標($kh_1=0.73$, $kh_2=1.60$)で与えられる点Eと、

座標($kh_1=0.81$, $kh_2=1.44$)で与えられる点Fと、

座標($kh_1=1.00$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Gと、

座標($kh_1=1.40$, $kh_2=0.91$)で与えられる点Hと、

座標($kh_1=1.14$, $kh_2=0.83$)で与えられる点Iと、

座標($kh_1=0.83$, $kh_2=0.76$)で与え

れる点Jと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=0.73$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.35$, $kh2=0.73$) で与えられる点Lと、

座標 ($kh1=0.38$, $kh2=0.63$) で与えられる点Mと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Nと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEF GHI JKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項8】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、座標 ($kh1=0.36$, $kh2=1.00$) で与えられる点Oと、座標 ($kh1=0.48$, $kh2=0.83$) で与えられる点Pと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Nと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、7本の線分から成る領域AOPKLMNAの前記7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項7に記載の表面弾性波素子。

【請求項9】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_s を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次元モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_i / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.297 \leq kh3 \leq 0.363 \quad \text{の範囲にあり、且つ、}$$

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.29$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.33$, $kh2=1.36$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.40$, $kh2=1.60$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.71$, $kh2=1.60$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=0.82$, $kh2=1.41$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh1=1.00$, $kh2=1.22$) で与えら

れる点Fと、

座標 ($kh1=1.27$, $kh2=0.97$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.03$, $kh2=0.89$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh1=0.68$, $kh2=0.78$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh1=0.52$, $kh2=0.77$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.76$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.09$) で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEF GHI JKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項10】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Lと、座標 ($kh1=0.37$, $kh2=0.94$) で与えられる点Mと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域LMJKLの前記4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項9に記載の表面弾性波素子。

【請求項11】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 前記ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次元モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_i / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.033 \leq kh3 \leq 0.099 \quad \text{の範囲にあり、且つ、}$$

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.87$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.54$, $kh2=0.87$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=0.87$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.81$, $kh2=0.97$) で与えら

れる点Dと、

座標 ($kh1=1.16$, $kh2=1.20$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh1=1.52$, $kh2=0.93$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.69$, $kh2=0.77$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.31$, $kh2=0.59$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh1=1.04$, $kh2=0.50$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh1=0.68$, $kh2=0.40$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.63$, $kh2=0.33$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.63$) で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEF GHI JKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項12】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Iと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、6本の線分から成る領域AB I JKLAの前記6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項11に記載の表面弾性波素子。

【請求項13】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、

(i i i) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i v) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.099 \leq kh3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.98$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.40$, $kh2=0.95$) で与えら

れる点Bと、

座標 ($kh1=0.45$, $kh2=0.96$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=1.00$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=1.04$, $kh2=1.25$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh1=1.53$, $kh2=0.89$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.60$, $kh2=0.80$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.22$, $kh2=0.63$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh1=1.00$, $kh2=0.59$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh1=0.89$, $kh2=0.57$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.53$, $kh2=0.52$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.53$, $kh2=0.45$) で与えられる点Lと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEF GHI JK LMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項14】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Cと、座標 ($kh1=0.62$, $kh2=0.77$) で与えられる点Nと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABC N JK LMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項13に記載の表面弾性波素子。

【請求項15】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、

(i i i) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i v) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且

つ、

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=1.07$)で与えられる点Aと、

座標($kh1=0.36$, $kh2=1.07$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.43$, $kh2=1.07$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.90$, $kh2=1.37$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=1.20$)で与えられる点Eと、

座標($kh1=1.52$, $kh2=0.85$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.34$, $kh2=0.79$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=0.72$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=0.85$, $kh2=0.68$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.71$, $kh2=0.68$)で与えられる点Jと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=0.68$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.42$, $kh2=0.55$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項16】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、座標($kh1=0.43$, $kh2=0.95$)で与えられる点Nと、座標($kh1=0.61$, $kh2=0.75$)で与えられる点Oと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABNOJKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項15に記載の表面弾性波素子。

【請求項17】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 前記ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための楕型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記楕型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO_2 層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次元モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.231 \leq kh3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=1.15$)で与えられる点Aと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=1.20$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.46$, $kh2=1.32$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.60$, $kh2=1.52$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=0.73$, $kh2=1.60$)で与えられる点Eと、

座標($kh1=0.81$, $kh2=1.44$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.00$, $kh2=1.20$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.40$, $kh2=0.91$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=1.14$, $kh2=0.83$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.83$, $kh2=0.76$)で与えられる点Jと、

座標($kh1=0.60$, $kh2=0.73$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.35$, $kh2=0.73$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=0.63$)で与えられる点Mと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Nと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項18】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、座標($kh1=0.36$, $kh2=1.00$)で与えられる点Oと、座標($kh1=0.48$, $kh2=0.83$)で与えられる点Pと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Nと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、7本の

線分から成る領域AOPKLMNAの前記7本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項17に記載の表面弾性波素子。

【請求項19】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 前記ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi(t_a/\lambda)$$

で与えられるkh3が、

$0.297 \leq kh3 \leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.30, kh2=1.29)で与えられる点Aと、

座標(kh1=0.33, kh2=1.36)で与えられる点Bと、

座標(kh1=0.40, kh2=1.60)で与えられる点Cと、

座標(kh1=0.71, kh2=1.60)で与えられる点Dと、

座標(kh1=0.82, kh2=1.41)で与えられる点Eと、

座標(kh1=1.00, kh2=1.22)で与えられる点Fと、

座標(kh1=1.27, kh2=0.97)で与えられる点Gと、

座標(kh1=1.03, kh2=0.89)で与えられる点Hと、

座標(kh1=0.68, kh2=0.78)で与えられる点Iと、

座標(kh1=0.52, kh2=0.77)で与えられる点Jと、

座標(kh1=0.30, kh2=0.76)で与えられる点Kと、

座標(kh1=0.30, kh2=1.09)で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの前記12本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項20】 前記kh1及び前記kh2が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Lと、座標(kh1=0.37, kh2=0.94)で与えられる点Mと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域LMJKLの前記4本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項19に記載の表面弾性波素子。

【請求項21】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v) 前記SiO₂層の上に配置される短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi(t_a/\lambda)$$

で与えられるkh3が、

20 $0.033 \leq kh3 \leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.30, kh2=0.87)で与えられる点Aと、

座標(kh1=0.54, kh2=0.87)で与えられる点Bと、

30 座標(kh1=0.60, kh2=0.87)で与えられる点Cと、

座標(kh1=0.81, kh2=0.97)で与えられる点Dと、

座標(kh1=1.16, kh2=1.20)で与えられる点Eと、

座標(kh1=1.52, kh2=0.93)で与えられる点Fと、

座標(kh1=1.69, kh2=0.77)で与えられる点Gと、

40 座標(kh1=1.31, kh2=0.59)で与えられる点Hと、

座標(kh1=1.04, kh2=0.50)で与えられる点Iと、

座標(kh1=0.68, kh2=0.40)で与えられる点Jと、

座標(kh1=0.63, kh2=0.33)で与えられる点Kと、

座標(kh1=0.30, kh2=0.63)で与えられる点Lと、

50 前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領

域 A B C D E F G H I J K L A の前記 12 本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 22】 前記 $k h 1$ 及び前記 $k h 2$ が、前記 2 次元直交座標グラフにおいて、前記点 A と、前記点 B と、前記点 I と、前記点 J と、前記点 K と、前記点 L と、前記点 A とを順に線分で結ぶ、6 本の線分から成る領域 A B I J K L A の前記 6 本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項 21 に記載の表面弾性波素子。

【請求項 23】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_1 を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される Z n O 層と、

(i i i) 厚さ t_2 を有し、前記 Z n O 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記 Z n O 層の上に配置される S i O₂ 層と、

(v) 前記 S i O₂ 層の上に配置される短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2 次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$k h 3 = 2 \pi (t_1 / \lambda)$$

で与えられる $k h 3$ が、

$0.099 \leq k h 3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、

$$k h 1 = 2 \pi (t_2 / \lambda),$$

$$k h 2 = 2 \pi (t_3 / \lambda)$$

で与えられる $k h 1$ 及び $k h 2$ が、横軸に $k h 1$ 、縦軸に $k h 2$ を与える 2 次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($k h 1 = 0.30$, $k h 2 = 0.98$) で与えられる点 A と、

座標 ($k h 1 = 0.40$, $k h 2 = 0.95$) で与えられる点 B と、

座標 ($k h 1 = 0.45$, $k h 2 = 0.96$) で与えられる点 C と、

座標 ($k h 1 = 0.60$, $k h 2 = 1.00$) で与えられる点 D と、

座標 ($k h 1 = 1.04$, $k h 2 = 1.25$) で与えられる点 E と、

座標 ($k h 1 = 1.53$, $k h 2 = 0.89$) で与えられる点 F と、

座標 ($k h 1 = 1.60$, $k h 2 = 0.80$) で与えられる点 G と、

座標 ($k h 1 = 1.22$, $k h 2 = 0.63$) で与えられる点 H と、

座標 ($k h 1 = 1.00$, $k h 2 = 0.59$) で与えられる点 I と、

座標 ($k h 1 = 0.89$, $k h 2 = 0.57$) で与えられる点 J と、

座標 ($k h 1 = 0.53$, $k h 2 = 0.52$) で与えられる点 K と、

座標 ($k h 1 = 0.53$, $k h 2 = 0.45$) で与えられる点 L と、

座標 ($k h 1 = 0.30$, $k h 2 = 0.65$) で与えられる点 M と、

前記点 A とを順に線分で結ぶ、13 本の線分から成る領域 A B C D E F G H I J K L M A の前記 13 本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 24】 前記 $k h 1$ 及び前記 $k h 2$ が、前記 2 次元直交座標グラフにおいて、前記点 A と、前記点 B と、前記点 C と、座標 ($k h 1 = 0.62$, $k h 2 = 0.77$) で与えられる点 N と、前記点 J と、前記点 K と、前記点 L と、前記点 M と、前記点 A とを順に線分で結ぶ、8 本の線分から成る領域 A B C N J K L M A の前記 8 本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項 23 に記載の表面弾性波素子。

【請求項 25】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_1 を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される Z n O 層と、

(i i i) 厚さ t_2 を有し、前記 Z n O 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記 Z n O 層の上に配置される S i O₂ 層と、

(v) 前記 S i O₂ 層の上に配置される短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2 次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$k h 3 = 2 \pi (t_1 / \lambda)$$

で与えられる $k h 3$ が、

$0.165 \leq k h 3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、

$$k h 1 = 2 \pi (t_2 / \lambda),$$

$$k h 2 = 2 \pi (t_3 / \lambda)$$

で与えられる $k h 1$ 及び $k h 2$ が、横軸に $k h 1$ 、縦軸に $k h 2$ を与える 2 次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($k h 1 = 0.30$, $k h 2 = 1.07$) で与えられる点 A と、

座標 ($k h 1 = 0.36$, $k h 2 = 1.07$) で与えられる点 B と、

座標 ($k h 1 = 0.43$, $k h 2 = 1.07$) で与えられる点 C と、

座標 ($k h 1 = 0.90$, $k h 2 = 1.37$) で与えられる点 D と、

座標 ($k h 1 = 1.05$, $k h 2 = 1.20$) で与えられる点 E と、

座標 ($k h 1 = 1.52$, $k h 2 = 0.85$) で与えられる点 F と、

座標 ($k h 1 = 1.34$, $k h 2 = 0.79$) で与えられる点 G と、

座標 ($k h 1 = 1.05$, $k h 2 = 0.72$) で与えられる点 H と、

座標 ($kh1=0.85$, $kh2=0.68$) で与えられる点Iと、
 座標 ($kh1=0.71$, $kh2=0.68$) で与えられる点Jと、
 座標 ($kh1=0.38$, $kh2=0.68$) で与えられる点Kと、
 座標 ($kh1=0.42$, $kh2=0.55$) で与えられる点Lと、
 座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Mと、
 前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項26】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、座標 ($kh1=0.43$, $kh2=0.95$) で与えられる点Nと、座標 ($kh1=0.61$, $kh2=0.75$) で与えられる点Oと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABNOJKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項25に記載の表面弾性波素子。

【請求項27】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_1 を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_2 を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v) 前記SiO₂層の上に配置される短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_1 / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.231 \leq kh3 \leq 0.297 \text{ の範囲にあり、且}$$

つ、

$$kh1 = 2\pi (t_1 / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_2 / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.15$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.38$, $kh2=1.20$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.46$, $kh2=1.32$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=1.52$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=0.73$, $kh2=1.60$) で与えら

れる点Eと、

座標 ($kh1=0.81$, $kh2=1.44$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.00$, $kh2=1.20$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.40$, $kh2=0.91$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh1=1.14$, $kh2=0.83$) で与えられる点Iと、

10 座標 ($kh1=0.83$, $kh2=0.76$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=0.73$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.35$, $kh2=0.73$) で与えられる点Lと、

座標 ($kh1=0.38$, $kh2=0.63$) で与えられる点Mと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Nと、

20 前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項28】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、座標 ($kh1=0.36$, $kh2=1.00$) で与えられる点Oと、座標 ($kh1=0.48$, $kh2=0.83$) で与えられる点Pと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Nと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、7本の線分から成る領域AOPKLMNAの前記7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項27に記載の表面弾性波素子。

【請求項29】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_1 を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iii) 厚さ t_2 を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v) 前記SiO₂層の上に配置される短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_1 / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.297 \leq kh3 \leq 0.363 \text{ の範囲にあり、且}$$

つ、

$$kh1 = 2\pi (t_1 / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_2 / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.15$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.38$, $kh2=1.20$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.46$, $kh2=1.32$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=1.52$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=0.73$, $kh2=1.60$) で与えら

座標 ($k h 1 = 0.30, k h 2 = 1.29$) で与えられる点Aと、
 座標 ($k h 1 = 0.33, k h 2 = 1.36$) で与えられる点Bと、
 座標 ($k h 1 = 0.40, k h 2 = 1.60$) で与えられる点Cと、
 座標 ($k h 1 = 0.71, k h 2 = 1.60$) で与えられる点Dと、
 座標 ($k h 1 = 0.82, k h 2 = 1.41$) で与えられる点Eと、
 座標 ($k h 1 = 1.00, k h 2 = 1.22$) で与えられる点Fと、
 座標 ($k h 1 = 1.27, k h 2 = 0.97$) で与えられる点Gと、
 座標 ($k h 1 = 1.03, k h 2 = 0.89$) で与えられる点Hと、
 座標 ($k h 1 = 0.68, k h 2 = 0.78$) で与えられる点Iと、
 座標 ($k h 1 = 0.52, k h 2 = 0.77$) で与えられる点Jと、
 座標 ($k h 1 = 0.30, k h 2 = 0.76$) で与えられる点Kと、
 座標 ($k h 1 = 0.30, k h 2 = 1.09$) で与えられる点Lと、
 前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域A B C D E F G H I J K L Aの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項30】 前記 $k h 1$ 及び前記 $k h 2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Lと、座標 ($k h 1 = 0.37, k h 2 = 0.94$) で与えられる点Mと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域L M J K Lの前記4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項29に記載の表面弾性波素子。

【請求項31】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される第1の短絡用電極と、

(i i i) 厚さ t_1 を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i v) 厚さ t_2 を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v i) 前記SiO₂層の上に配置される第2の短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$k h 3 = 2 \pi (t_1 / \lambda)$$

で与えられる $k h 3$ が、

$$0.033 \leq k h 3 \leq 0.099 \text{ の範囲にあり、且}$$

つ、

$$k h 1 = 2 \pi (t_1 / \lambda),$$

$$k h 2 = 2 \pi (t_2 / \lambda)$$

で与えられる $k h 1$ 及び $k h 2$ が、横軸に $k h 1$ 、縦軸に $k h 2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($k h 1 = 0.30, k h 2 = 0.87$) で与えられる点Aと、

座標 ($k h 1 = 0.54, k h 2 = 0.87$) で与えられる点Bと、

10 座標 ($k h 1 = 0.60, k h 2 = 0.87$) で与えられる点Cと、

座標 ($k h 1 = 0.81, k h 2 = 0.97$) で与えられる点Dと、

座標 ($k h 1 = 1.16, k h 2 = 1.20$) で与えられる点Eと、

座標 ($k h 1 = 1.52, k h 2 = 0.93$) で与えられる点Fと、

座標 ($k h 1 = 1.69, k h 2 = 0.77$) で与えられる点Gと、

20 座標 ($k h 1 = 1.31, k h 2 = 0.59$) で与えられる点Hと、

座標 ($k h 1 = 1.04, k h 2 = 0.50$) で与えられる点Iと、

座標 ($k h 1 = 0.68, k h 2 = 0.40$) で与えられる点Jと、

座標 ($k h 1 = 0.63, k h 2 = 0.33$) で与えられる点Kと、

座標 ($k h 1 = 0.30, k h 2 = 0.63$) で与えられる点Lと、

30 前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域A B C D E F G H I J K L Aの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項32】 前記 $k h 1$ 及び前記 $k h 2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Iと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、6本の線分から成る領域A B I J K L Aの前記6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項31に記載の表面弾性波素子。

40 【請求項33】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される第1の短絡用電極と、

(i i i) 厚さ t_1 を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i v) 厚さ t_2 を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_3 を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

50 (v i) 前記SiO₂層の上に配置される第2の短絡用

電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.099 \leq kh3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.98$)で与えられる点Aと、

座標($kh1=0.40$, $kh2=0.95$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.45$, $kh2=0.96$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.60$, $kh2=1.00$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=1.04$, $kh2=1.25$)で与えられる点Eと、

座標($kh1=1.53$, $kh2=0.89$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.60$, $kh2=0.80$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.22$, $kh2=0.63$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=1.00$, $kh2=0.59$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.89$, $kh2=0.57$)で与えられる点Jと、

座標($kh1=0.53$, $kh2=0.52$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.53$, $kh2=0.45$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項34】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Cと、座標($kh1=0.62$, $kh2=0.77$)で与えられる点Nと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABCNJKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項33に記載の表面弾性波素子。

【請求項35】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 前記ダイヤモンド層の上に配置される第1の短

絡用電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO_2 層と、

(vi) 前記 SiO_2 層の上に配置される第2の短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

10 2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=1.07$)で与えられる点Aと、

20 座標($kh1=0.36$, $kh2=1.07$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.43$, $kh2=1.07$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.90$, $kh2=1.37$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=1.20$)で与えられる点Eと、

30 座標($kh1=1.52$, $kh2=0.85$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.34$, $kh2=0.79$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=0.72$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=0.85$, $kh2=0.68$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.71$, $kh2=0.68$)で与えられる点Jと、

40 座標($kh1=0.38$, $kh2=0.68$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.42$, $kh2=0.55$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項36】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点B

と、座標 ($kh_1=0.43$, $kh_2=0.95$) で与えられる点Nと、座標 ($kh_1=0.61$, $kh_2=0.75$) で与えられる点Oと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABNOJKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項35に記載の表面弾性波素子。

【請求項37】 (i) ダイヤモンド層と、

(i.i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される第1の短絡用電極と、

(i.ii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i.v) 厚さ t_s を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v.i) 前記SiO₂層の上に配置される第2の短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=1.15$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh_1=0.38$, $kh_2=1.20$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh_1=0.46$, $kh_2=1.32$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh_1=0.60$, $kh_2=1.52$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh_1=0.73$, $kh_2=1.60$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh_1=0.81$, $kh_2=1.44$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh_1=1.00$, $kh_2=1.20$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh_1=1.40$, $kh_2=0.91$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh_1=1.14$, $kh_2=0.83$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh_1=0.83$, $kh_2=0.76$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh_1=0.60$, $kh_2=0.73$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh_1=0.35$, $kh_2=0.73$) で与えら

れる点Lと、

座標 ($kh_1=0.38$, $kh_2=0.63$) で与えられる点Mと、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$) で与えられる点Nと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

10 【請求項38】 前記 kh_1 及び前記 kh_2 が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、座標 ($kh_1=0.36$, $kh_2=1.00$) で与えられる点Oと、座標 ($kh_1=0.48$, $kh_2=0.83$) で与えられる点Pと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Nと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、7本の線分から成る領域AOPKLMNAの前記7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項37に記載の表面弾性波素子。

【請求項39】 (i) ダイヤモンド層と、

20 (i.i) 前記ダイヤモンド層の上に配置される第1の短絡用電極と、

(i.ii) 厚さ t_i を有し、前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i.v) 厚さ t_s を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、

(v.i) 前記SiO₂層の上に配置される第2の短絡用電極とを備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_3 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.297 \leq kh_3 \leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=1.29$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh_1=0.33$, $kh_2=1.36$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh_1=0.40$, $kh_2=1.60$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh_1=0.71$, $kh_2=1.60$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh_1=0.82$, $kh_2=1.41$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh_1=1.00$, $kh_2=1.22$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.27$, $kh2=0.97$) で与えられる点Gと、
 座標 ($kh1=1.03$, $kh2=0.89$) で与えられる点Hと、
 座標 ($kh1=0.68$, $kh2=0.78$) で与えられる点Iと、
 座標 ($kh1=0.52$, $kh2=0.77$) で与えられる点Jと、
 座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.76$) で与えられる点Kと、
 座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.09$) で与えられる点Lと、
 前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項40】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Lと、座標 ($kh1=0.37$, $kh2=0.94$) で与えられる点Mと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域LMJKLの前記4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項39に記載の表面弾性波素子。

【請求項41】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_A を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 前記ZnO層の上に配置される短絡用電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記短絡用電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_A / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.033 \leq kh3 \leq 0.099 \quad \text{の範囲にあり、且つ、}$$

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.87$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.54$, $kh2=0.87$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.60$, $kh2=0.87$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh1=0.81$, $kh2=0.97$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=1.16$, $kh2=1.20$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh1=1.52$, $kh2=0.93$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.69$, $kh2=0.77$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.31$, $kh2=0.59$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh1=1.04$, $kh2=0.50$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh1=0.68$, $kh2=0.40$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.63$, $kh2=0.33$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.63$) で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項42】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Iと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、6本の線分から成る領域ABIJKLAの前記6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項41に記載の表面弾性波素子。

【請求項43】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_A を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 前記ZnO層の上に配置される短絡用電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記短絡用電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_A / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.099 \leq kh3 \leq 0.165 \quad \text{の範囲にあり、且つ、}$$

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.98$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.40$, $kh2=0.95$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.45$, $kh2=0.96$) で与えられる点Cと、
 座標 ($kh1=0.60$, $kh2=1.00$) で与えられる点Dと、
 座標 ($kh1=1.04$, $kh2=1.25$) で与えられる点Eと、
 座標 ($kh1=1.53$, $kh2=0.89$) で与えられる点Fと、
 座標 ($kh1=1.60$, $kh2=0.80$) で与えられる点Gと、
 座標 ($kh1=1.22$, $kh2=0.63$) で与えられる点Hと、
 座標 ($kh1=1.00$, $kh2=0.59$) で与えられる点Iと、
 座標 ($kh1=0.89$, $kh2=0.57$) で与えられる点Jと、
 座標 ($kh1=0.53$, $kh2=0.52$) で与えられる点Kと、
 座標 ($kh1=0.53$, $kh2=0.45$) で与えられる点Lと、
 座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Mと、
 前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEF GHI JKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項44】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、前記点Cと、座標 ($kh1=0.62$, $kh2=0.77$) で与えられる点Nと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABCN JKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項43に記載の表面弾性波素子。

【請求項45】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_A を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 前記ZnO層の上に配置される短絡用電極と、

(v) 厚さ t_s を有し、前記短絡用電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh3 = 2\pi (t_A / \lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$$0.165 \leq kh3 \leq 0.231 \text{ の範囲にあり、且つ、}$$

$$kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.07$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh1=0.36$, $kh2=1.07$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh1=0.43$, $kh2=1.07$) で与えられる点Cと、

10 座標 ($kh1=0.90$, $kh2=1.37$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh1=1.05$, $kh2=1.20$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh1=1.52$, $kh2=0.85$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh1=1.34$, $kh2=0.79$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh1=1.05$, $kh2=0.72$) で与えられる点Hと、

20 座標 ($kh1=0.85$, $kh2=0.68$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh1=0.71$, $kh2=0.68$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh1=0.38$, $kh2=0.68$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh1=0.42$, $kh2=0.55$) で与えられる点Lと、

座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.65$) で与えられる点Mと、

30 前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEF GHI JKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項46】 前記 $kh1$ 及び前記 $kh2$ が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、前記点Bと、

座標 ($kh1=0.43$, $kh2=0.95$) で与えられる点Nと、座標 ($kh1=0.61$, $kh2=0.75$) で与えられる点Oと、

前記点Jと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、

40 8本の線分から成る領域ABNO JKLMAの前記8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項45に記載の表面弾性波素子。

【請求項47】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_A を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iii) 厚さ t_i を有し、前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 前記ZnO層の上に配置される短絡用電極と、

50 (v) 厚さ t_s を有し、前記短絡用電極を覆って前記Z

nO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長λについて、

$$kh3 = 2\pi(t_A/\lambda)$$

で与えられるkh3が、

$$0.231 \leq kh3 \leq 0.297 \quad \text{の範囲にあり、且}$$

つ、

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸 10
にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.30, kh2=1.15)で与えられる点Aと、

座標(kh1=0.38, kh2=1.20)で与えられる点Bと、

座標(kh1=0.46, kh2=1.32)で与えられる点Cと、

座標(kh1=0.60, kh2=1.52)で与えられる点Dと、

座標(kh1=0.73, kh2=1.60)で与えら 20
れる点Eと、

座標(kh1=0.81, kh2=1.44)で与えられる点Fと、

座標(kh1=1.00, kh2=1.20)で与えられる点Gと、

座標(kh1=1.40, kh2=0.91)で与えられる点Hと、

座標(kh1=1.14, kh2=0.83)で与えら 30
れる点Iと、

座標(kh1=0.83, kh2=0.76)で与えら
れる点Jと、

座標(kh1=0.60, kh2=0.73)で与えられる点Kと、

座標(kh1=0.35, kh2=0.73)で与えられる点Lと、

座標(kh1=0.38, kh2=0.63)で与えられる点Mと、

座標(kh1=0.30, kh2=0.65)で与えられる点Nと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項48】 前記kh1及び前記kh2が、前記2次元直交座標グラフにおいて、前記点Aと、座標(kh1=0.36, kh2=1.00)で与えられる点Oと、座標(kh1=0.48, kh2=0.83)で与えられる点Pと、前記点Kと、前記点Lと、前記点Mと、前記点Nと、前記点Aとを順に線分で結ぶ、7本の線分から成る領域AOPKLMNAの前記7本の線分の 50

線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項47に記載の表面弾性波素子。

【請求項49】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さt_Aを有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iii) 厚さt_iを有し、前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(iv) 前記ZnO層の上に配置される短絡用電極と、

(v) 厚さt_sを有し、前記短絡用電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長λについて、

$$kh3 = 2\pi(t_A/\lambda)$$

で与えられるkh3が、

$$0.297 \leq kh3 \leq 0.363 \quad \text{の範囲にあり、且}$$

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.30, kh2=1.29)で与えられる点Aと、

座標(kh1=0.33, kh2=1.36)で与えられる点Bと、

座標(kh1=0.40, kh2=1.60)で与えられる点Cと、

座標(kh1=0.71, kh2=1.60)で与えられる点Dと、

座標(kh1=0.82, kh2=1.41)で与えられる点Eと、

座標(kh1=1.00, kh2=1.22)で与えられる点Fと、

座標(kh1=1.27, kh2=0.97)で与えられる点Gと、

座標(kh1=1.03, kh2=0.89)で与えられる点Hと、

座標(kh1=0.68, kh2=0.78)で与えられる点Iと、

座標(kh1=0.52, kh2=0.77)で与えられる点Jと、

座標(kh1=0.30, kh2=0.76)で与えられる点Kと、

座標(kh1=0.30, kh2=1.09)で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項50】 前記kh1及び前記kh2が、前記2

次元直交座標グラフにおいて、前記点Lと、座標 ($kh_1=0.37$, $kh_2=0.94$) で与えられる点Mと、前記点Jと、前記点Kと、前記点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域LMJKLの前記4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする、請求項49に記載の表面弾性波素子。

【請求項51】 (1) ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、

(2) 前記ZnO層の上に、厚さ t_a となるように櫛型電極を形成するステップと、

(3) 前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、を有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=0.87$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh_1=0.54$, $kh_2=0.87$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh_1=0.60$, $kh_2=0.87$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh_1=0.81$, $kh_2=0.97$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh_1=1.16$, $kh_2=1.20$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh_1=1.52$, $kh_2=0.93$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh_1=1.69$, $kh_2=0.77$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh_1=1.31$, $kh_2=0.59$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh_1=1.04$, $kh_2=0.50$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh_1=0.68$, $kh_2=0.40$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh_1=0.63$, $kh_2=0.33$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=0.63$) で与えられる点Lと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの前記12本の線分の線上を含む内部に与えられるように前記 t_i 及び前記 t_s を選択し、且つ、

$$kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の範囲となるように前記 t_a を選択することを特徴とする表面弾性波素子の

製造方法。

【請求項52】 (1) ダイヤモンド層の上に、短絡用電極を形成するステップと、

(2) 前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、

(3) 前記ZnO層の上に、厚さ t_a となるように櫛型電極を形成するステップと、

(v) 前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、を有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=0.98$) で与えられる点Aと、

座標 ($kh_1=0.40$, $kh_2=0.95$) で与えられる点Bと、

座標 ($kh_1=0.45$, $kh_2=0.96$) で与えられる点Cと、

座標 ($kh_1=0.60$, $kh_2=1.00$) で与えられる点Dと、

座標 ($kh_1=1.04$, $kh_2=1.25$) で与えられる点Eと、

座標 ($kh_1=1.53$, $kh_2=0.89$) で与えられる点Fと、

座標 ($kh_1=1.60$, $kh_2=0.80$) で与えられる点Gと、

座標 ($kh_1=1.22$, $kh_2=0.63$) で与えられる点Hと、

座標 ($kh_1=1.00$, $kh_2=0.59$) で与えられる点Iと、

座標 ($kh_1=0.89$, $kh_2=0.57$) で与えられる点Jと、

座標 ($kh_1=0.53$, $kh_2=0.52$) で与えられる点Kと、

座標 ($kh_1=0.53$, $kh_2=0.45$) で与えられる点Lと、

座標 ($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$) で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられるように前記 t_i 及び前記 t_s を選択し、且つ、

$$kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の範囲となるように前記 t_a を選択することを特徴とする表面弾性波素子の

製造方法。

【請求項53】 (1) ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、

(2) 前記ZnO層の上に、厚さ t_a となるように櫛型電極を形成するステップと、

(3) 前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、

(4) 前記SiO₂層の上に短絡用電極を形成するステップとを有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=1.07$)で与えられる点Aと、

座標($kh1=0.36$, $kh2=1.07$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.43$, $kh2=1.07$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.90$, $kh2=1.37$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=1.20$)で与えられる点Eと、

座標($kh1=1.52$, $kh2=0.85$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.34$, $kh2=0.79$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.05$, $kh2=0.72$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=0.85$, $kh2=0.68$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.71$, $kh2=0.68$)で与えられる点Jと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=0.68$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.42$, $kh2=0.55$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Mと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの前記13本の線分の線上を含む内部に与えられるように前記 t_i 及び前記 t_s を選択し、且つ、

$$kh3 = 2\pi(t_a/\lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

$0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲となるように前記 t_a を選択することを特徴とする表面弾性波素子の製造方法。

【請求項54】 (1) ダイヤモンド層の上に、第1の短

絡用電極を形成するステップと、

(2) 前記短絡用電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、

(3) 前記ZnO層の上に、厚さ t_a となるように櫛型電極を形成するステップと、

(4) 前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、

(5) 前記SiO₂層の上に、第2の短絡用電極を形成するステップとを有する表面弾性波素子の製造方法であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh1 = 2\pi(t_i/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標($kh1=0.30$, $kh2=1.15$)で与えられる点Aと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=1.20$)で与えられる点Bと、

座標($kh1=0.46$, $kh2=1.32$)で与えられる点Cと、

座標($kh1=0.60$, $kh2=1.52$)で与えられる点Dと、

座標($kh1=0.73$, $kh2=1.60$)で与えられる点Eと、

座標($kh1=0.81$, $kh2=1.44$)で与えられる点Fと、

座標($kh1=1.00$, $kh2=1.20$)で与えられる点Gと、

座標($kh1=1.40$, $kh2=0.91$)で与えられる点Hと、

座標($kh1=1.14$, $kh2=0.83$)で与えられる点Iと、

座標($kh1=0.83$, $kh2=0.76$)で与えられる点Jと、

座標($kh1=0.60$, $kh2=0.73$)で与えられる点Kと、

座標($kh1=0.35$, $kh2=0.73$)で与えられる点Lと、

座標($kh1=0.38$, $kh2=0.63$)で与えられる点Mと、

座標($kh1=0.30$, $kh2=0.65$)で与えられる点Nと、

前記点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの前記14本の線分の線上を含む内部に与えられるように前記 t_i 及び前記 t_s を選択し、且つ、

$$kh3 = 2\pi(t_a/\lambda)$$

で与えられる $kh3$ が、

0.231 ≤ kh3 ≤ 0.297 の範囲となるように前記 t_A を選択することを特徴とする表面弾性波素子の製造方法。

【請求項55】 (1) ダイヤモンド層の上に、厚さ t_A となるように櫛型電極を形成するステップと、

(2) 前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に、厚さ t_z となるように ZnO 層を形成するステップと、

(3) 前記 ZnO 層の上に短絡用電極を形成するステップと、

(4) 前記短絡用電極を覆って前記 ZnO 層の上に、厚さ t_s となるように SiO₂ 層を形成するステップと、を備える表面弾性波素子の製造方法であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$kh1 = 2\pi(t_z/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる kh1 及び kh2 が、横軸に kh1、縦軸に kh2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 (kh1=0.30, kh2=1.29) で与えられる点 A と、

座標 (kh1=0.33, kh2=1.36) で与えられる点 B と、

座標 (kh1=0.40, kh2=1.60) で与えられる点 C と、

座標 (kh1=0.71, kh2=1.60) で与えられる点 D と、

座標 (kh1=0.82, kh2=1.41) で与えられる点 E と、

座標 (kh1=1.00, kh2=1.22) で与えられる点 F と、

座標 (kh1=1.27, kh2=0.97) で与えられる点 G と、

座標 (kh1=1.03, kh2=0.89) で与えられる点 H と、

座標 (kh1=0.68, kh2=0.78) で与えられる点 I と、

座標 (kh1=0.52, kh2=0.77) で与えられる点 J と、

座標 (kh1=0.30, kh2=0.76) で与えられる点 K と、

座標 (kh1=0.30, kh2=1.09) で与えられる点 L と、

前記点 A とを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域 ABCDEFGHIJKLA の前記12本の線分の線上を含む内部に与えられるように前記 t_z 及び前記 t_s を選択し、且つ、

$$kh3 = 2\pi(t_A/\lambda)$$

で与えられる kh3 が、

0.297 ≤ kh3 ≤ 0.363 の範囲となるように前記 t_A を選択することを特徴とする表面弾性波素子の

製造方法。

【請求項56】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_z を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(iii) 厚さ t_A を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、を備える表面弾性波素子であって、

10 2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi(t_A/\lambda)$$

で与えられる kh3 が、

$$kh3 = 0.044 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh1 = 2\pi(t_z/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

で与えられる kh1 及び kh2 が、横軸に kh1、縦軸に kh2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 (kh1=0.600, kh2=0.645) で与えられる点 A1 と、

20 座標 (kh1=0.800, kh2=0.684) で与えられる点 B1 と、

座標 (kh1=0.900, kh2=0.718) で与えられる点 C1 と、

座標 (kh1=1.000, kh2=0.759) で与えられる点 D1 と、

座標 (kh1=1.100, kh2=0.809) で与えられる点 E1 と、

座標 (kh1=1.200, kh2=0.866) で与えられる点 F1 と、

30 座標 (kh1=1.400, kh2=0.987) で与えられる点 G1 と、

を順に線分で結ぶ7本の線分から成る基本組み合わせ線 (A1-B1-C1-D1-E1-F1-G1) に対して kh2 を +/− 10% で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項57】 (i) ダイヤモンド層と、

(ii) 厚さ t_z を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(iii) 厚さ t_A を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

40 (iv) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、

を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi(t_A/\lambda)$$

で与えられる kh3 が、

$$kh3 = 0.066 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh1 = 2\pi(t_z/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$$

50 で与えられる kh1 及び kh2 が、横軸に kh1、縦軸

に kh_2 を与える 2 次元直交座標グラフにおいて、
 座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.671$) で与えられる点 A 2 と、
 座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.713$) で与えられる点 B 2 と、
 座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.747$) で与えられる点 C 2 と、
 座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.789$) で与えられる点 D 2 と、
 座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=0.837$) で与えられる点 E 2 と、
 座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=0.891$) で与えられる点 F 2 と、
 座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.011$) で与えられる点 G 2 と、

を順に線分で結ぶ 7 本の線分から成る基本組み合わせ線 (A 2-B 2-C 2-D 2-E 2-F 2-G 2) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 5 8】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、

を備える表面弾性波素子であって、
 2 次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$$kh_3 = 0.099 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える 2 次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.713$) で与えられる点 A 3 と、

座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.758$) で与えられる点 B 3 と、

座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.790$) で与えられる点 C 3 と、

座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.832$) で与えられる点 D 3 と、

座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=0.879$) で与えられる点 E 3 と、

座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=0.930$) で与えられる点 F 3 と、

座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.046$) で与えられる点 G 3 と、を順に線分で結ぶ 7 本の線分から成る基本組み合わせ線 (A 3-B 3-C 3-D 3-E 3-F 3-

50

G 3) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 5 9】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、を備える表面弾性波素子であって、

2 次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$$kh_3 = 0.132 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える 2 次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.755$) で与えられる点 A 4 と、

座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.803$) で与えられる点 B 4 と、

座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.837$) で与えられる点 C 4 と、

座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.877$) で与えられる点 D 4 と、

座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=0.922$) で与えられる点 E 4 と、

座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=0.972$) で与えられる点 F 4 と、

座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.083$) で与えられる点 G 4 と、を順に線分で結ぶ 7 本の線分から成る基本組み合わせ線 (A 4-B 4-C 4-D 4-E 4-F 4-G 4) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 6 0】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記 ZnO 層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記 ZnO 層の上に配置される SiO₂ 層と、を備える表面弾性波素子であって、

2 次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$$kh_3 = 0.198 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸

に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、
 座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.837$) で与えられる点A5と、
 座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.897$) で与えられる点B5と、
 座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.933$) で与えられる点C5と、
 座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.973$) で与えられる点D5と、
 座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=1.017$) で与えられる点E5と、
 座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=1.063$) で与えられる点F5と、
 座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.167$) で与えられる点G5と、を順に線分で結ぶ7本の線分から成る基本組み合わせ線 (A5-B5-C5-D5-E5-F5-G5) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項61】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$$kh_3 = 0.264 \text{ であり、且つ、}$$

$$(2) kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.914$) で与えられる点A6と、

座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.989$) で与えられる点B6と、

座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=1.029$) で与えられる点C6と、

座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=1.069$) で与えられる点D6と、

座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=1.111$) で与えられる点E6と、

座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=1.156$) で与えられる点F6と、

座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.257$) で与えられる点G6と、を順に線分で結ぶ7本の線分から成る基本組み合わせ線 (A6-B6-C6-D6-E6-F6-G6) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる

範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項62】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh_3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられる kh_3 が、

$$0.044 \leq kh_3 \leq 0.066 \text{ の範囲にあり、且つ、}$$

$$(2) kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.645$) で与えられる点A1と座標 ($kh_1=0.600$, $kh_2=0.671$) で与えられる点A2との間を kh_3 の値について線形補完した点A12と、

座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.684$) で与えられる点B1と座標 ($kh_1=0.800$, $kh_2=0.713$) で与えられる点B2との間を kh_3 の値について線形補完した点B12と、

座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.718$) で与えられる点C1と座標 ($kh_1=0.900$, $kh_2=0.747$) で与えられる点C2との間を kh_3 の値について線形補完した点C12と、

座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.759$) で与えられる点D1と座標 ($kh_1=1.000$, $kh_2=0.789$) で与えられる点D2との間を kh_3 の値について線形補完した点D12と、

座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=0.809$) で与えられる点E1と座標 ($kh_1=1.100$, $kh_2=0.837$) で与えられる点E2との間を kh_3 の値について線形補完した点E12と、

座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=0.866$) で与えられる点F1と座標 ($kh_1=1.200$, $kh_2=0.891$) で与えられる点F2との間を kh_3 の値について線形補完した点F12と、

座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=0.987$) で与えられる点G1と座標 ($kh_1=1.400$, $kh_2=1.011$) で与えられる点G2との間を kh_3 の値について線形補完した点G12とを順に線分で結ぶ7本の線分から成る補完基本組み合わせ線 (A12-B12-C12-D12-E12-F12-G12) に対して kh_2 を $+/- 10\%$ で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項63】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_z を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられるkh3が、

0.066 ≤ kh3 ≤ 0.099 の範囲にあり、且つ、

$$(2) kh1 = 2\pi (t_z / \lambda)、$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.600, kh2=0.671)で与えられる点A2と座標(kh1=0.600, kh2=0.713)で与えられる点A3との間をkh3の値について線形補完した点A23と、

座標(kh1=0.800, kh2=0.713)で与えられる点B2と座標(kh1=0.800, kh2=0.758)で与えられる点B3との間をkh3の値について線形補完した点B23と、

座標(kh1=0.900, kh2=0.747)で与えられる点C2と座標(kh1=0.900, kh2=0.790)で与えられる点C3との間をkh3の値について線形補完した点B23と、

座標(kh1=1.000, kh2=0.789)で与えられる点D2と座標(kh1=1.000, kh2=0.832)で与えられる点D3との間をkh3の値について線形補完した点D23と、

座標(kh1=1.100, kh2=0.837)で与えられる点E2と座標(kh1=1.100, kh2=0.879)で与えられる点E3との間をkh3の値について線形補完した点E23と、

座標(kh1=1.200, kh2=0.891)で与えられる点F2と座標(kh1=1.200, kh2=0.930)で与えられる点F3との間をkh3の値について線形補完した点F23と、

座標(kh1=1.400, kh2=1.011)で与えられる点G2と座標(kh1=1.400, kh2=1.046)で与えられる点G3との間をkh3の値について線形補完した点G23とを順に線分で結ぶ7本の線分から成る補完基本組み合わせ線(A23-B23-C23-D23-E23-F23-G23)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項64】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_z を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

10 与えられるkh3が、

0.099 ≤ kh3 ≤ 0.132 の範囲にあり、且つ、

$$(2) kh1 = 2\pi (t_z / \lambda)、$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.600, kh2=0.713)で与えられる点A3と座標(kh1=0.600, kh2=0.755)で与えられる点A4との間をkh3の値について線形補完した点A34と、

座標(kh1=0.800, kh2=0.758)で与えられる点B3と座標(kh1=0.800, kh2=0.803)で与えられる点B4との間をkh3の値について線形補完した点B34と、

座標(kh1=0.900, kh2=0.790)で与えられる点C3と座標(kh1=0.900, kh2=0.837)で与えられる点C4との間をkh3の値について線形補完した点C34と、

座標(kh1=1.000, kh2=0.832)で与えられる点D3と座標(kh1=1.000, kh2=0.877)で与えられる点D4との間をkh3の値について線形補完した点D34と、

座標(kh1=1.100, kh2=0.879)で与えられる点E3と座標(kh1=1.100, kh2=0.922)で与えられる点E4との間をkh3の値について線形補完した点D34と、

座標(kh1=1.200, kh2=0.930)で与えられる点F3と座標(kh1=1.200, kh2=0.972)で与えられる点F4との間をkh3の値について線形補完した点F34と、

座標(kh1=1.400, kh2=1.046)で与えられる点G3と座標(kh1=1.400, kh2=1.083)で与えられる点G4との間をkh3の値について線形補完した点G34とを順に線分で結ぶ7本の線分から成る補完基本組み合わせ線(A34-B34-C34-D34-E34-F34-G34)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項65】 (i) ダイヤモンド層と、

50 (i i) 厚さ t_z を有し、前記ダイヤモンド層の上に配

置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられるkh3が、

0.132 ≤ kh3 ≤ 0.198 の範囲にあり、且 10 づつ、

$$(2) kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.600, kh2=0.755)で与えられる点A4と座標(kh1=0.600, kh2=0.837)で与えられる点A5との間をkh3の値について線形補完した点A45と、

座標(kh1=0.800, kh2=0.803)で与えられる点B4と座標(kh1=0.800, kh2=0.897)で与えられる点B5との間をkh3の値について線形補完した点B45と、

座標(kh1=0.900, kh2=0.837)で与えられる点C4と座標(kh1=0.900, kh2=0.933)で与えられる点C5との間をkh3の値について線形補完した点C45と、

座標(kh1=1.000, kh2=0.877)で与えられる点D4と座標(kh1=1.000, kh2=0.973)で与えられる点D5との間をkh3の値について線形補完した点D45と、

座標(kh1=1.100, kh2=0.922)で与えられる点E4と座標(kh1=1.100, kh2=1.017)で与えられる点E5との間をkh3の値について線形補完した点E45と、

座標(kh1=1.200, kh2=0.972)で与えられる点F4と座標(kh1=1.200, kh2=1.063)で与えられる点F5との間をkh3の値について線形補完した点F45と、

座標(kh1=1.400, kh2=1.083)で与えられる点G4と座標(kh1=1.400, kh2=1.167)で与えられる点G5との間をkh3の値について線形補完した点G45とを順に線分で結ぶ7本の線分から成る補完基本組み合わせ線(A45-B45-C45-D45-E45-F45-G45)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項66】 (i) ダイヤモンド層と、

(i i) 厚さ t_i を有し、前記ダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、

(i i i) 厚さ t_a を有し、前記ZnO層の上に配置される、表面弾性波の励振及び受信のための櫛型電極と、

(i v) 厚さ t_s を有し、前記櫛型電極を覆って前記ZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、

2次モードの表面弾性波の波長 λ について、

$$(1) kh3 = 2\pi (t_a / \lambda)$$

で与えられるkh3が、

0.198 ≤ kh3 ≤ 0.264 の範囲にあり、且 10 づつ、

$$(2) kh1 = 2\pi (t_i / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_s / \lambda)$$

で与えられるkh1及びkh2が、横軸にkh1、縦軸にkh2を与える2次元直交座標グラフにおいて、

座標(kh1=0.600, kh2=0.837)で与えられる点A5と座標(kh1=0.600, kh2=0.914)で与えられる点A6との間をkh3の値について線形補完した点A56と、

座標(kh1=0.800, kh2=0.897)で与えられる点B5と座標(kh1=0.800, kh2=0.989)で与えられる点B6との間をkh3の値について線形補完した点B56と、

座標(kh1=0.900, kh2=0.933)で与えられる点C5と座標(kh1=0.900, kh2=1.029)で与えられる点C6との間をkh3の値について線形補完した点C56と、

座標(kh1=1.000, kh2=0.973)で与えられる点D5と座標(kh1=1.000, kh2=1.069)で与えられる点D6との間をkh3の値について線形補完した点D56と、

座標(kh1=1.100, kh2=1.017)で与えられる点E5と座標(kh1=1.100, kh2=1.111)で与えられる点E6との間をkh3の値について線形補完した点E56と、

座標(kh1=1.200, kh2=1.063)で与えられる点F5と座標(kh1=1.200, kh2=1.156)で与えられる点F6との間をkh3の値について線形補完した点F56と、

座標(kh1=1.400, kh2=1.167)で与えられる点G5と座標(kh1=1.400, kh2=1.257)で与えられる点G6との間を線形補完した点G56とを順に線分で結ぶ7本の線分から成る補完基本組み合わせ線(A56-B56-C56-D56-E56-F56-G56)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項67】 前記櫛型電極が、電力を印加して弾性波を励振させる入力櫛型電極と該弾性波を受信して電力を取り出す出力櫛型電極とを備え、

50 前記入力櫛型電極の対数Niと前記出力櫛型電極の対数

N₀の合計Nが、50～90対であり、前記入力櫛形電極及び前記出力櫛形電極の交差幅がそれぞれ、前記波長 λ に対して、 $10\lambda \sim 50\lambda$ の範囲にあることを特徴とする請求項1、3又は56～66のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【請求項68】 前記表面弾性波素子が、該弾性波の伝搬方向に対して前記入力櫛形電極と前記出力櫛形電極を挟むように配置された少なくとも2つの反射器電極を更に備え、前記反射器電極の本数の合計が、 $2 \times (100 - N)$ 以下であることを特徴とする請求項1、3又は56～67のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【請求項69】 該2次モードの表面弾性波の該波長 λ が、約3.2～約4.5 μm であることを特徴とする請求項67又は68のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【請求項70】 透過特性においてQ値 ≥ 600 であることを特徴とする請求項67又は68のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【請求項71】 約2.4～約2.6GHzの動作中心周波数を有する請求項67又は68のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【請求項72】 透過損失が約6～10dBであることを特徴とする請求項67又は68のいずれかに記載の表面弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ダイヤモンドを含む表面弾性波素子に関し、特に、GHz帯以上の高周波領域においても良好な動作特性を有する表面弾性波素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電体の表面を伝播する表面弾性波を利用する表面弾性波素子は、固有の透過帯域を有し、しかも小型であり部品点数も少ないため、携帯電話等の通信機器用のバンドパスフィルタ等への応用が期待されている。典型的な表面弾性波素子は、表面弾性波の励振及び受信のための櫛形電極を圧電体の表面上に備える構造を有する。櫛形電極に、入力出力の1対の櫛形電極(interdigital transducer)を用いる場合、入力櫛形電極に印加された交流電力は圧電体表面上で機械的エネルギーに変換されるが、電極が櫛形であるため圧電体内に疎密が発生して弾性波となり、圧電体表面を伝播して出力櫛形電極へと到達する。そして、到達した表面弾性波は出力櫛形電極により再び電氣的エネルギーに変換され出力される。表面弾性波素子が有する透過帯域の中心周波数 f_0 は、櫛形電極の間隔 λ と圧電体表面上の弾性波の伝播速度(伝搬速度) V とから、

$f_0 = V / \lambda$ 。

与えられる。

【0003】 しかし、GHz帯で良好に動作する表面弾性波素子を作製することは困難である。透過帯域の中心

周波数 f_0 を上昇させるためには、上記関係式から自明のように、櫛形電極の間隔 λ を小さくするか、表面弾性波の伝播速度 V を増加させるかのいずれかを行えばよいが、 λ はフォトリソグラフィー等の加工技術により著しく制限を受ける。従って、高周波数帯域で動作する表面弾性波素子を得るには、 V を大きくすることが必要である。

【0004】 また良好な動作のためには、電気機械変換の性能を表す電気機械結合係数 K^2 、温度依存性を表す周波数温度係数(TCF)並びに伝搬時の減衰による損失を表す伝搬損失の値が、それぞれ所定の範囲内に適合していることが必要である。

【0005】 K^2 はある程度大きくないと、表面弾性波素子として実用に供しない。 K^2 の好ましい範囲は、目的とする表面弾性波素子の帯域幅によって変る。表面弾性波素子を狭帯域フィルタへ応用するためには、 $K^2 = 0.10 \sim 0.7\%$ 程度、中帯域フィルタには、 $K^2 = 0.7 \sim 3\%$ 程度、広帯域フィルタには、 $K^2 = 3 \sim 6\%$ 程度が要求される。また、温度依存性はできるだけ小さい方が有利なことから、TCFは小さい程好ましい。更に、表面弾性波の伝搬における減衰は小さいことが好ましいことから、伝搬損失もできるだけ小さい方が好ましい。

【0006】 大きな伝播速度及び大きな電気機械結合係数を得ることにより、高周波領域で用いることのできる表面弾性波素子を提供する目的で、種々の技術や知見が開示されている。特開平1-339521号公報には、ダイヤモンド上にZnOを形成した表面弾性波素子が開示されている。また、特開平8-32398号公報には、ダイヤモンド上にLiNbO₃を形成した表面弾性波素子が開示されている。また、特開平8-65088号公報には、ダイヤモンド上にLiTaO₃を形成した表面弾性波素子が開示されている。

【0007】 更に、大きな伝播速度及び大きな電気機械結合係数に加えて小さなTCFを得ることを目的として、種々の技術や知見が開示されている。特開平6-164294号公報には、ダイヤモンドの上に、順に、ZnO、SiO₂が形成された表面弾性波素子が開示されている。また、特願平7-21598には、ダイヤモンドの上に、順に、LiNbO₃、SiO₂が形成された表面弾性波素子が開示されている。

【0008】 図6は、表面弾性波素子の層構造を例示する。特開平6-164294号公報では、特に1次モードに着目することにより、図6に示されるような表面弾性波素子の様々な層構造に対して、好ましい V 、 K^2 及びTCFを実現している。例えば、特開平6-164294号公報では、本願の図6(e)に示されるタイプEの構造に対して、1次モードを利用して、 $V = 8,000 \sim 10,000$ (m/sec.)、 $TCF = -10 \sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2 = 0.7 \sim 1.7$ (%)を達

成した。また、図 6 (b) に示されるタイプ B の構造に対して、1 次モードを利用して、 $V=8,000\sim 10,000$ (m/sec.)、 $TCF=-10\sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2=1\sim 3$ (%) を達成した。また、図 6 (f) に示されるタイプ F の構造に対して、1 次モードを利用して、 $V=8,000\sim 10,000$ (m/sec.)、 $TCF=-10\sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2=1.5\sim 4.5$ (%) を達成した。また、図 6 (d) に示されるタイプ D の構造に対して、1 次モードを利用して、 $V=8,000\sim 10,000$ (m/sec.)、 $TCF=-10\sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2=0.8\sim 2.3$ (%) を達成した。図 6 (g) に示されるタイプ G の構造に対して、1 次モードを利用して、 $V=8,000\sim 10,000$ (m/sec.)、 $TCF=-10\sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2=0.7\sim 2.2$ (%) を達成した。

【0009】一方、特開平 8-32398 号公報では、圧電体に $LiNbO_3$ を用いることにより諸特性を更に向上させ、 $V=11,000\sim 12,500$ (m/sec.)、 $TCF=-10\sim 10$ (ppm/°C)、 $K^2=7.5\sim 9.5$ (%) が達成された。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、圧電体に ZnO を用いれば、 $LiNbO_3$ や $LiTaO_3$ 等の他の圧電体を用いた場合に比べて、ダイヤモンド上に良質の圧電体の薄膜を形成することが極めて容易である。このため、 ZnO を用いて上記の諸特性を更に向上させることは非常に意義がある。

【0011】更に、図 6 (a) のタイプ A や図 6 (c) のタイプ C のように、ダイヤモンドと ZnO 層との間に電極を有しない構造の表面弾性波素子に対して、上記の諸性質を向上させることも大いに意義がある。なぜなら、このような構造の素子の作製工程において、 ZnO 層の形成時に Al 等の金属電極が存在しないため、 ZnO の形成において温度条件等が大幅に緩和され、製造の歩留りや ZnO 層の品質の向上に有利な製造方法を採用することができるからである。無論、ダイヤモンド層と ZnO 層の間に電極を有する構成においても、 ZnO 層を圧電体として用いる構成は、前述のように表面弾性波素子形成の点から有利である。

【0012】本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、ダイヤモンド上に ZnO 層が形成された構造を有する表面弾性波素子において、最適な伝播速度 V 、電気機械結合係数 K^2 、周波数温度特性 TCF を実現し、且つ、良好な伝搬損失をも併せて実現することにより、高周波領域で非常に優れた動作特性を有する表面弾性波素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、製造が容易で且つ結晶性が制御し易い

ZnO を圧電体として採用し、この圧電体 ZnO 層をダイヤモンド膜の上に形成し更にその上に SiO_2 層を形成する層構造を基本とする様々な表面弾性波素子について、2 次モードに着目して最適化を行うことが、上記の目的の実現に有効であるとの結論に至った。しかしながら、表面弾性波素子について、良好な伝播速度 V 、周波数温度特性 TCF 、電気機械結合係数 K^2 を最適化するための評価は、各種測定パラメータが複雑に関与するため、一般に困難である。

【0014】そこで本願発明者らは、先ず、特開平 6-164294 号公報で行われたと同じ評価方法で、図 6 に示されるような種々の構造を有する表面弾性波素子に対して、良好な伝播速度 V 、周波数温度特性 TCF 、電気機械結合係数 K^2 を与えるような圧電体層及び保護層の厚さについて一連の予備的評価を行った。この一連の評価をここでは第 1 の予備評価と称し、これにより得られた適正な圧電体層及び保護層の厚さの範囲が、図 24 に表された点を結んで形成される範囲で与えられる。この範囲は、図 6 の (a) に示されるタイプ A、(b) に示されるタイプ B、(c) に示されるタイプ C、(d) に示されるタイプ D、(f) に示されるタイプ F に対する評価により得られたものである。

【0015】次に、上記の第 1 の予備評価において用いた伝播速度等の測定と同じ手法において、測定のパラメータを個々に正確に定義し測定の精度を向上させて評価を行うことにより、良好な伝播速度 V 、周波数温度特性 TCF 、電気機械結合係数 K^2 を与える圧電体層及び保護層の厚さについて一連の予備的評価を行った。こちらの一連の評価をここでは第 2 の予備評価と称すことにし、これにより得られた適正な圧電体層及び保護層の厚さの範囲が同様に、図 25 に表された点を結んで形成される範囲で与えられる。

【0016】これらの予備評価を行う過程で、本発明者らは更に、櫛型電極の厚さが表面弾性波素子全体の伝播速度 V 、周波数温度特性 TCF 、電気機械結合係数 K^2 等の諸特性に影響を与えることを見出した。

【0017】櫛型電極は、通常、アルミニウム等の導電性材料により形成されるが、このような導電性材料自身も、独自の伝播速度や線膨張係数等の特性を有している。櫛型電極の厚さによって、櫛型電極自身の諸特性が表面弾性波素子の伝播速度や周波数温度特性等に与える影響が変ってくるが、本発明者らにより見出された。

【0018】本願発明は、特に、櫛型電極の厚さと、 ZnO 圧電体層の厚さと、 SiO_2 保護層の厚さとの関係に着目してなされたものである。

【0019】すなわち、本発明の第 1 の表面弾性波素子は、(i) ダイヤモンド層と、(ii) 厚さ t_1 を有し、ダイヤモンド層の上に配置される ZnO 層と、(iii) 厚さ t_2 を有し、 ZnO 層の上に配置される櫛型

10

20

30

40

50

電極と、(iv)厚さ t_s を有し、櫛型電極を覆ってZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1 = 0.30$, $kh_2 = 0.87$)で与えられる点Aと、座標($kh_1 = 0.54$, $kh_2 = 0.87$)で与えられる点Bと、座標($kh_1 = 0.60$, $kh_2 = 0.87$)で与えられる点Cと、座標($kh_1 = 0.81$, $kh_2 = 0.97$)で与えられる点Dと、座標($kh_1 = 1.16$, $kh_2 = 1.20$)で与えられる点Eと、座標($kh_1 = 1.52$, $kh_2 = 0.93$)で与えられる点Fと、座標($kh_1 = 1.69$, $kh_2 = 0.77$)で与えられる点Gと、座標($kh_1 = 1.31$, $kh_2 = 0.59$)で与えられる点Hと、座標($kh_1 = 1.04$, $kh_2 = 0.50$)で与えられる点Iと、座標($kh_1 = 0.68$, $kh_2 = 0.40$)で与えられる点Jと、座標($kh_1 = 0.63$, $kh_2 = 0.33$)で与えられる点Kと、座標($kh_1 = 0.30$, $kh_2 = 0.63$)で与えられる点Lと、点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLAは、図1の2次元直交座標グラフに示されている。また、この表面弾性波の層構造のタイプは、図6(a)に例示されるタイプAである。

【0020】この第1の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim -15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.1 \sim 1.3\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0021】また、本発明の第2の表面弾性波素子は、上記の第1の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプAの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、2次元直交座標グラフにおいて、点Aと、点Bと、点Iと、点Jと、点Kと、点Lと、点Aとを順に線分で結ぶ、6本の線分から成る領域ABIJKLAの6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABIJKLAも、図1の2次元直交座標グラフに示されている。

【0022】この第2の表面弾性波素子の場合には、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.1 \sim 1.3\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、第1の表面弾性波素子と同様に、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利であ

る。

【0023】本発明の第3の表面弾性波素子は、図6(a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1 = 0.30$, $kh_2 = 0.98$)で与えられる点Aと、座標($kh_1 = 0.40$, $kh_2 = 0.95$)で与えられる点Bと、座標($kh_1 = 0.45$, $kh_2 = 0.96$)で与えられる点Cと、座標($kh_1 = 0.60$, $kh_2 = 1.00$)で与えられる点Dと、座標($kh_1 = 1.04$, $kh_2 = 1.25$)で与えられる点Eと、座標($kh_1 = 1.53$, $kh_2 = 0.89$)で与えられる点Fと、座標($kh_1 = 1.60$, $kh_2 = 0.80$)で与えられる点Gと、座標($kh_1 = 1.22$, $kh_2 = 0.63$)で与えられる点Hと、座標($kh_1 = 1.00$, $kh_2 = 0.59$)で与えられる点Iと、座標($kh_1 = 0.89$, $kh_2 = 0.57$)で与えられる点Jと、座標($kh_1 = 0.53$, $kh_2 = 0.52$)で与えられる点Kと、座標($kh_1 = 0.53$, $kh_2 = 0.45$)で与えられる点Lと、座標($kh_1 = 0.30$, $kh_2 = 0.65$)で与えられる点Mと、点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLMAは、図2の2次元直交座標グラフに示されている。

【0024】この第3の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim -15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.05 \sim 1.20\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0025】また、本発明の第4の表面弾性波素子は、上記の第3の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプAの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、2次元直交座標グラフにおいて、点Aと、点Bと、点Cと、座標($kh_1 = 0.62$, $kh_2 = 0.77$)で与えられる点Nと、点Jと、点Kと、点Lと、点Mと、点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABCNJKLMAの8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCNJKLMAも、図2の2次元直交座標グラフに示されている。

【0026】この第4の表面弾性波素子の場合には、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.05 \sim 1.1$

5%が実現される。更に、このような素子の構成は、第3の表面弾性波素子と同様に、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0027】本発明の第5の表面弾性波素子は、図6

(a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Aと、座標($kh_1=0.36$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Bと、座標($kh_1=0.43$, $kh_2=1.07$)で与えられる点Cと、座標($kh_1=0.90$, $kh_2=1.37$)で与えられる点Dと、座標($kh_1=1.05$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Eと、座標($kh_1=1.52$, $kh_2=0.85$)で与えられる点Fと、座標($kh_1=1.34$, $kh_2=0.79$)で与えられる点Gと、座標($kh_1=1.05$, $kh_2=0.72$)で与えられる点Hと、座標($kh_1=0.85$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Iと、座標($kh_1=0.71$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Jと、座標($kh_1=0.38$, $kh_2=0.68$)で与えられる点Kと、座標($kh_1=0.42$, $kh_2=0.55$)で与えられる点Lと、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$)で与えられる点Mと、点Aとを順に線分で結ぶ、13本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMAの13本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLMAは、図3の2次元直交座標グラフに示されている。また、この表面弾性波の構造は、図6(a)に例示されるタイプAである。

【0028】この第5の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15\sim 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.05\sim 1.05\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0029】また、本発明の第6の表面弾性波素子は、上記の第5の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプAの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、2次元直交座標グラフにおいて、点Aと、点Bと、座標($kh_1=0.43$, $kh_2=0.95$)で与えられる点Nと、座標($kh_1=0.61$, $kh_2=0.75$)で与えられる点Oと、点Jと、点Kと、点Lと、点Mと、点Aとを順に線分で結ぶ、8本の線分から成る領域ABNOJKLMAの8本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABNO

JKLMAも、図3の2次元直交座標グラフに示されている。

【0030】この第6の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF}=-15\sim 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.05\sim 0.95\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、第5の表面弾性波素子と同様に、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0031】本発明の第7の表面弾性波素子は、図6

(a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、横軸に kh_1 、縦軸に kh_2 を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=1.15$)で与えられる点Aと、座標($kh_1=0.38$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Bと、座標($kh_1=0.46$, $kh_2=1.32$)で与えられる点Cと、座標($kh_1=0.60$, $kh_2=1.52$)で与えられる点Dと、座標($kh_1=0.73$, $kh_2=1.60$)で与えられる点Eと、座標($kh_1=0.81$, $kh_2=1.44$)で与えられる点Fと、座標($kh_1=1.00$, $kh_2=1.20$)で与えられる点Gと、座標($kh_1=1.40$, $kh_2=0.91$)で与えられる点Hと、座標($kh_1=1.14$, $kh_2=0.83$)で与えられる点Iと、座標($kh_1=0.83$, $kh_2=0.76$)で与えられる点Jと、座標($kh_1=0.60$, $kh_2=0.73$)で与えられる点Kと、座標($kh_1=0.35$, $kh_2=0.73$)で与えられる点Lと、座標($kh_1=0.38$, $kh_2=0.63$)で与えられる点Mと、座標($kh_1=0.30$, $kh_2=0.65$)で与えられる点Nと、点Aとを順に線分で結ぶ、14本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLMNAの14本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLMNAは、図4の2次元直交座標グラフに示されている。

【0032】この第7の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15\sim 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.05\sim 0.95\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0033】また、本発明の第8の表面弾性波素子は、上記の第7の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプAの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、2次元直交座標グラフにおいて、点Aと、座標($kh_1=0.36$, $kh_2=1.00$)で与えられ

る点Oと、座標 ($kh1=0.48$, $kh2=0.83$) で与えられる点Pと、点Kと、点Lと、点Mと、点Nと、点Aとを順に線分で結ぶ、7本の線分から成る領域AOPKLMNAの7本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域AOPKLMNAも、図4の2次元直交座標グラフに示されている。

【0034】この第8の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$. 以上を実現し、且つTCF= $-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^1=0.05\sim 0.70\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、第7の表面弾性波素子と同様に、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0035】本発明の第9の表面弾性波素子は、図6 (a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh3=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh3$ が、 $0.297\leq kh3\leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、 $kh1=2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh2=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、横軸に $kh1$ 、縦軸に $kh2$ を与える2次元直交座標グラフにおいて、座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.29$) で与えられる点Aと、座標 ($kh1=0.33$, $kh2=1.36$) で与えられる点Bと、座標 ($kh1=0.40$, $kh2=1.60$) で与えられる点Cと、座標 ($kh1=0.71$, $kh2=1.60$) で与えられる点Dと、座標 ($kh1=0.82$, $kh2=1.41$) で与えられる点Eと、座標 ($kh1=1.00$, $kh2=1.22$) で与えられる点Fと、座標 ($kh1=1.27$, $kh2=0.97$) で与えられる点Gと、座標 ($kh1=1.03$, $kh2=0.89$) で与えられる点Hと、座標 ($kh1=0.68$, $kh2=0.78$) で与えられる点Iと、座標 ($kh1=0.52$, $kh2=0.77$) で与えられる点Jと、座標 ($kh1=0.30$, $kh2=0.76$) で与えられる点Kと、座標 ($kh1=0.30$, $kh2=1.09$) で与えられる点Lと、点Aとを順に線分で結ぶ、12本の線分から成る領域ABCDEFGHIJKLAの12本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLAは、図5の2次元直交座標グラフに示されている。

【0036】この第9の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$. 以上を達成し、且つTCF= $-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^1=0.05\sim 0.85\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0037】また、本発明の第10の表面弾性波素子は、上記の第9の表面弾性波素子と $kh3$ の値の範囲が同じであるタイプAの表面弾性波素子であって、 $kh1$

及び $kh2$ が、2次元直交座標グラフにおいて、点Lと、座標 ($kh1=0.37$, $kh2=0.94$) で与えられる点Mと、点Jと、点Kと、点Lとを順に線分で結ぶ、4本の線分から成る領域LMJKLの4本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域LMJKLも、図5の2次元直交座標グラフに示されている。

【0038】この第10の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$. 以上を実現し、且つTCF= $-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^1=0.05\sim 0.50\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、第9の表面弾性波素子と同様に、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0039】本発明の第11の表面弾性波素子は、

(i) ダイヤモンド層と、(ii) ダイヤモンド層の上に配置される短絡用電極と、(iii) 厚さ t_i を有し、短絡用電極を覆ってダイヤモンド層の上に配置されるZnO層と、(iv) 厚さ t_s を有し、ZnO層の上に配置される櫛型電極と、(v) 厚さ t_s を有し、櫛型電極を覆ってZnO層の上に配置されるSiO₂層と、を備える表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh3=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh3$ が、 $0.033\leq kh3\leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh1=2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh2=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、図1で与えられる領域ABCDEFGHIJKLAの12本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この表面弾性波の層構造のタイプは、図6

(b)に例示されるタイプBである。

【0040】この第11の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$. 以上を達成し、且つTCF= $-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^1=1.0\sim 2.4\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0041】また、本発明の第12の表面弾性波素子は、上記の第11の表面弾性波素子と $kh3$ の値の範囲が同じであるタイプBの表面弾性波素子であって、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図1の領域ABCDEFGHIJKLAの6本の線分の線を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域ABCDEFGHIJKLAも、図1の2次元直交座標グラフに示されている。

【0042】この第12の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$. 以上を実現し、且つTCF= $-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^1=1.2\sim 2.4\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0043】本発明の第13の表面弾性波素子は、図6

(b) のタイプBの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域ABCDEFGHIJKLMAの13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0044】この第13の表面弾性波素子は、 $V=8, 000\text{m/sec.}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.75 \sim 2.25\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0045】また、本発明の第14の表面弾性波素子は、上記の第13の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプBの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域ABCNJKLMAの8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0046】この第14の表面弾性波素子の場合、 $V=10, 000\text{m/sec.}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.75 \sim 2.25\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0047】本発明の第15の表面弾性波素子は、図6(b)のタイプBの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域ABCDEFGHIJKLMAの13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0048】この第15の表面弾性波素子は、 $V=8, 000\text{m/sec.}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.70 \sim 2.2\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0049】また、本発明の第16の表面弾性波素子は、上記の第15の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプBの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域ABNOJKLMAの8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0050】この第16の表面弾性波素子の場合、 $V=10, 000\text{m/sec.}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.70 \sim 2.2\%$

2%が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0051】本発明の第17の表面弾性波素子は、図6(b)のタイプBの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域ABCDEFGHIJKLMNAの14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0052】この第17の表面弾性波素子は、 $V=8, 000\text{m/sec.}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.55 \sim 1.75\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0053】また、本発明の第18の表面弾性波素子は、上記の第17の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプBの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域AOPKLMNAの7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0054】この第18の表面弾性波素子の場合、 $V=10, 000\text{m/sec.}$ 以上を実現し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.60 \sim 1.75\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0055】本発明の第19の表面弾性波素子は、図6(b)のタイプBの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.297 \leq kh_3 \leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域ABCDEFGHIJCLAの12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0056】この第19の表面弾性波素子は、 $V=8, 000\text{m/sec.}$ 以上を達成し、且つ $\text{TCF}=-15 \sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.30 \sim 1.7\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0057】また、本発明の第20の表面弾性波素子は、上記の第19の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプBの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域LMJKLの4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とす

る。

【0058】この第20の表面弾性波素子の場合、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.70 \sim 1.7\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0059】本発明の第21の表面弾性波素子は、図6(c)のタイプCの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域 $ABCDEFGHIJKLMA$ の12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0060】この第21の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.12 \sim 0.85\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0061】また、本発明の第22の表面弾性波素子は、上記の第21の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプCの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域 $AB I J K L A$ の6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0062】この第22の表面弾性波素子の場合、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.12 \sim 0.85\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0063】本発明の第23の表面弾性波素子は、図6(c)のタイプCの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域 $ABCDEFGHIJKLMA$ の13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0064】この第23の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.05 \sim 0.85\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0065】また、本発明の第24の表面弾性波素子

は、上記の第23の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプCの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域 $ABCNJKLMA$ の8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0066】この第24の表面弾性波素子の場合、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.05 \sim 0.80\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0067】本発明の第25の表面弾性波素子は、図6(c)のタイプCの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 $ABCDEFGHIJKLMA$ の13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0068】この第25の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.05 \sim 0.85\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0069】また、本発明の第26の表面弾性波素子は、上記の第25の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプCの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 $ABNOJKLMA$ の8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0070】この第26の表面弾性波素子の場合、 $V = 10,000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.05 \sim 0.65\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、 ZnO 圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0071】本発明の第27の表面弾性波素子は、図6(c)のタイプCの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域 $ABCDEFGHIJKLMNA$ の14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0072】この第27の表面弾性波素子は、 $V = 8,000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.05 \sim 0.82\%$ が

実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0073】また、本発明の第28の表面弾性波素子は、上記の第27の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプCの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域AOPKLMNAの7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域AOPKLMNAも、図4の2次元直交座標グラフに示されている。

【0074】この第28の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.05\sim 0.50\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0075】本発明の第29の表面弾性波素子は、図6(c)のタイプCの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.297\leq kh_3\leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1=2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域ABCDEFGH I JKL Aの12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0076】この第29の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$ 以上を達成し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.05\sim 0.75\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0077】また、本発明の第30の表面弾性波素子は、上記の第29の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプCの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域LMJKLの4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0078】この第30の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.07\sim 0.35\%$ が実現される。更に、このような素子の構成は、ZnO圧電体層形成時に櫛型電極が存在しないため、素子の形成の点からも有利である。

【0079】本発明の第31の表面弾性波素子は、図6(d)のタイプDの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033\leq kh_3\leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1=2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域AB

CDEFGH I JKL Aの12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0080】この第31の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$ 以上を達成し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.85\sim 2.0\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0081】また、本発明の第32の表面弾性波素子は、上記の第31の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプDの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域AB I JKL Aの6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0082】この第32の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=1.05\sim 2.0\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0083】本発明の第33の表面弾性波素子は、図6(d)のタイプDの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099\leq kh_3\leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1=2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2=2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域ABCDEFGH I JKL MAの13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0084】この第33の表面弾性波素子は、 $V=8,000\text{m/sec}$ 以上を達成し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.75\sim 1.80\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0085】また、本発明の第34の表面弾性波素子は、上記の第33の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプDの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域ABCNJKL MAの8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0086】この第34の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $TCF=-15\sim 15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.75\sim 1.80\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0087】本発明の第35の表面弾性波素子は、図6(d)のタイプDの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 kh

$3 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 ABCDEFGHI JK LMA の13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0088】この第35の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.65 \sim 1.7\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0089】また、本発明の第36の表面弾性波素子は、上記の第35の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプDの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 ABNO JK LMA の8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。この領域 ABNO JK LMA も、図3の2次元直交座標グラフに示されている。

【0090】この第36の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.65 \sim 1.7\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0091】本発明の第37の表面弾性波素子は、図6(d)のタイプDの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域 ABCDEFGHI JK L MNA の14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0092】この第37の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.55 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0093】また、本発明の第38の表面弾性波素子は、上記の第37の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプDの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域 AOPK L MNA の7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0094】この第38の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.55 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶

配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0095】本発明の第39の表面弾性波素子は、図6(d)のタイプDの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.297 \leq kh_3 \leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域 ABCDEFGHI JK L A の12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0096】この第39の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.40 \sim 1.4\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0097】また、本発明の第40の表面弾性波素子は、上記の第39の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプDの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域 LM JK L の4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0098】この第40の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.60 \sim 1.4\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0099】本発明の第41の表面弾性波素子は、図6(f)のタイプFの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi (t_i / \lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi (t_s / \lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域 ABCDEFGHI JK L A の12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0100】この第41の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 、以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2 = 0.2 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0101】また、本発明の第42の表面弾性波素子は、上記の第41の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプFの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域 AB I JK L A の6本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0102】この第42の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.55 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0103】本発明の第43の表面弾性波素子は、図6(f)のタイプFの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域 $AB C D E F G H I J K L M A$ の13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0104】この第43の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.25 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0105】また、本発明の第44の表面弾性波素子は、上記の第43の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプFの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域 $A B C N J K L M A$ の8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0106】この第44の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.80 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0107】本発明の第45の表面弾性波素子は、図6(f)のタイプFの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 $A B C D E F G H I J K L M A$ の13本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0108】この第45の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.25 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0109】また、本発明の第46の表面弾性波素子は、上記の第45の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲

が同じであるタイプFの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図3で与えられる領域 $A B N O J K L M A$ の8本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0110】この第46の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.65 \sim 1.6\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0111】本発明の第47の表面弾性波素子は、図6(f)のタイプFの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域 $A B C D E F G H I J K L M N A$ の14本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0112】この第47の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.3 \sim 1.45\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0113】また、本発明の第48の表面弾性波素子は、上記の第47の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプFの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図4で与えられる領域 $A O P K L M N A$ の7本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0114】この第48の表面弾性波素子の場合、 $V = 10, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を実現し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.55 \sim 1.45\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易な ZnO を圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0115】本発明の第49の表面弾性波素子は、図6(f)のタイプFの層構造を有する表面弾性波素子であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh_3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.297 \leq kh_3 \leq 0.363$ の範囲にあり、且つ、 $kh_1 = 2\pi(t_t/\lambda)$ 、 $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域 $A B C D E F G H I J K L A$ の12本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0116】この第49の表面弾性波素子は、 $V = 8, 000 \text{ m/sec}$ 。以上を達成し、且つ $\text{TCF} = -15 \sim 15 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K' = 0.35 \sim 1.35\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の

制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0117】また、本発明の第50の表面弾性波素子は、上記の第49の表面弾性波素子と kh_3 の値の範囲が同じであるタイプFの表面弾性波素子であって、 kh_1 及び kh_2 が、図5で与えられる領域LMJKLの4本の線分の線上を含む内部に与えられることを特徴とする。

【0118】この第50の表面弾性波素子の場合、 $V=10,000\text{m/sec}$ 以上を実現し、且つ $TCF=-15\sim15\text{ppm/}^\circ\text{C}$ 、且つ $K^2=0.70\sim1.35\%$ が実現される。また、この構造では、製造及び結晶配向の制御の容易なZnOを圧電体として用いているため、素子形成の点から有利である。

【0119】なお、以上説明した本発明の第1の表面弾性波素子～第50の表面弾性波素子の全ての表面弾性波素子は、1次モードを利用する場合に比べて、伝搬損失を低く抑えることができるという利点も併せて有している。これら全ての表面弾性波素子では、1次モードを利用した場合の伝搬損失が2GHzにおいて0.05dB/λであるが、2次モードを利用した本発明の場合は、伝搬損失は2GHzにおいて0.03dB/λである。

【0120】本発明に従って、図6(a)に示されるようなタイプAの層構造を有する表面弾性波素子を製造する方法は、(1)ダイヤモンド層の上に、厚さ t_1 となるようにZnO層を形成するステップと、(2)ZnO層の上に、厚さ t_2 となるように櫛型電極を形成するステップと、(3)櫛型電極を覆ってZnO層の上に、厚さ t_3 となるようにSiO₂層を形成するステップと、を有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長λについて、 $kh_1=2\pi(t_1/\lambda)$ 、 $kh_2=2\pi(t_2/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図1で与えられる領域ABCDEFGHIJKLAの12本の線分の線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択し、且つ、 $kh_3=2\pi(t_3/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.033\leq kh_3\leq 0.099$ の範囲となるように t_3 を選択することを特徴とする。また、この製造方法において、更に、 kh_1 及び kh_2 が図1の領域AB I J K L Aの中に含まれるように、 t_1 及び t_2 を選択してもよい。

【0121】また、この製造方法において、 $0.099\leq kh_3\leq 0.165$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図2の領域ABCDEFGHIJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図2の領域ABCNJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.165\leq kh_3\leq 0.231$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図3の領域ABCDEFGHIJKL

MAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図3の領域ABNOJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.231\leq kh_3\leq 0.297$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図4の領域ABCDEFGHIJKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図4の領域AOPKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.297\leq kh_3\leq 0.363$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図5の領域ABCDEFGHIJKLAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図5の領域LMJKLの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。

【0122】本発明に従って、図6(b)に示されるようなタイプBの層構造を有する表面弾性波素子を製造する方法は、(1)ダイヤモンド層の上に、短絡用電極を形成するステップと、(2)短絡用電極を覆ってダイヤモンド層の上に、厚さ t_1 となるようにZnO層を形成するステップと、(3)ZnO層の上に、厚さ t_2 となるように櫛型電極を形成するステップと、(v)櫛型電極を覆ってZnO層の上に、厚さ t_3 となるようにSiO₂層を形成するステップと、を有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長λについて、 $kh_1=2\pi(t_1/\lambda)$ 、 $kh_2=2\pi(t_2/\lambda)$ で与えられる kh_1 及び kh_2 が、図2で与えられる領域ABCDEFGHIJKLMAの13本の線分の線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択し、且つ、 $kh_3=2\pi(t_3/\lambda)$ で与えられる kh_3 が、 $0.099\leq kh_3\leq 0.165$ の範囲となるように t_3 を選択することを特徴とする。また、この製造方法において、更に、 kh_1 及び kh_2 が図2の領域ABCNJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。

【0123】また、この製造方法において、 $0.033\leq kh_3\leq 0.099$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図1の領域ABCDEFGHIJKLAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図1の領域ABCNJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.165\leq kh_3\leq 0.231$ の範囲となるように t_3 を選択し、且つ、 kh_1 及び kh_2 が、図3の領域ABCDEFGHIJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及び t_2 を選択してもよく、更に kh_1 及び kh_2 が図3の領域ABNOJKLMAの線上を含む内部に与えられるように t_1 及

び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.231 \leq kh3 \leq 0.297$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図4の領域ABCDEF GHI JKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図4の領域AOPKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.297 \leq kh3 \leq 0.363$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図5の領域ABCDEF GHI JKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図5の領域LMJKLの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0124】本発明に従って、図6(c)に示されるようなタイプCの層構造を有する表面弾性波素子を製造する方法は、(1)ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、(2)ZnO層の上に、厚さ t_s となるように櫛型電極を形成するステップと、(3)櫛型電極を覆ってZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、(4)SiO₂層の上に短絡用電極を形成するステップとを有する表面弾性波素子の製造方法において、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、図3で与えられる領域ABCDEF GHI JKLMNAの13本の線分の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択し、且つ、 $kh3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh3$ が、 $0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲となるように t_s を選択することを特徴とする。

【0125】また、この製造方法において、 $0.033 \leq kh3 \leq 0.099$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図1の領域ABCDEF GHI JKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図1の領域ABCNJKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.099 \leq kh3 \leq 0.165$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図2の領域ABCDEF GHI JKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図2の領域ABCNJKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.231 \leq kh3 \leq 0.297$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図4の領域ABCDEF GHI JKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図4の領域AOPKLMNAの線

上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.297 \leq kh3 \leq 0.363$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図5の領域ABCDEF GHI JKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図5の領域LMJKLの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0126】本発明に従って、図6(d)に示されるようなタイプDの層構造を有する表面弾性波素子を製造する方法は、(1)ダイヤモンド層の上に、第1の短絡用電極を形成するステップと、(2)短絡用電極を覆ってダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるようにZnO層を形成するステップと、(3)ZnO層の上に、厚さ t_s となるように櫛型電極を形成するステップと、(4)櫛型電極を覆ってZnO層の上に、厚さ t_s となるようにSiO₂層を形成するステップと、(5)SiO₂層の上に、第2の短絡用電極を形成するステップとを有する表面弾性波素子の製造方法であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、図4で与えられる領域ABCDEF GHI JKLMNAの14本の線分の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択し、且つ、 $kh3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh3$ が、 $0.231 \leq kh3 \leq 0.297$ の範囲となるように t_s を選択することを特徴とする。また、この製造方法では、更に、 $kh1$ 及び $kh2$ が図4の領域AOPKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0127】また、この製造方法において、 $0.033 \leq kh3 \leq 0.099$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図1の領域ABCDEF GHI JKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図1の領域ABCNJKLAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.099 \leq kh3 \leq 0.165$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図2の領域ABCDEF GHI JKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図2の領域ABCNJKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図3の領域ABCDEF GHI JKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図3の領域ABNOJKLMNAの線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択し

てもよい。また、この製造方法において、 $0.297 \leq kh3 \leq 0.363$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図5の領域 ABCDEFGHIJKLA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図5の領域 LMJKL の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0128】本発明に従って、図6(f)に示されるようなタイプFの層構造を有する表面弾性波素子を製造する方法は、(1)ダイヤモンド層の上に、厚さ t_s となるように櫛型電極を形成するステップと、(2)前記櫛型電極を覆って前記ダイヤモンド層の上に、厚さ t_i となるように ZnO 層を形成するステップと、(3)前記 ZnO 層の上に短絡用電極を形成するステップと、

(4)前記短絡用電極を覆って前記 ZnO 層の上に、厚さ t_s となるように SiO₂ 層を形成するステップとを備える表面弾性波素子の製造方法であって、2次モードの表面弾性波の波長 λ について、 $kh1 = 2\pi(t_i/\lambda)$ 、 $kh2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh1$ 及び $kh2$ が、図5で与えられる領域 ABCDEFGHIJKLA の12本の線分の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択し、且つ、 $kh3 = 2\pi(t_s/\lambda)$ で与えられる $kh3$ が、 $0.297 \leq kh3 \leq 0.363$ の範囲となるように t_s を選択することを特徴とする。また、この製造方法において、更に、 $kh1$ 及び $kh2$ が図5の領域 LMJKL の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0129】また、この製造方法において、 $0.033 \leq kh3 \leq 0.099$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図1の領域 ABCDEFGHIJKLA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図1の領域 ABCNJKLA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.099 \leq kh3 \leq 0.165$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図2の領域 ABCDEFGHIJKLMA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図2の領域 ABCNJKLMA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.165 \leq kh3 \leq 0.231$ の範囲となるように t_s を選択し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図3の領域 ABCDEFGHIJKLMA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図3の領域 ABNOJKLMA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。また、この製造方法において、 $0.231 \leq kh3 \leq 0.297$ の範囲となるように t_s を選択

し、且つ、 $kh1$ 及び $kh2$ が、図4の領域 ABCDEFGHIJKLMNA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよく、更に $kh1$ 及び $kh2$ が図4の領域 AOPKLMNA の線上を含む内部に与えられるように t_i 及び t_s を選択してもよい。

【0130】ところで、図6(a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子は、 $kh3 = 0.044$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A1-B1-C1-D1-E1-F1-G1) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。また、 $kh3 = 0.066$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A2-B2-C2-D2-E2-F2-G2) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。また、 $kh3 = 0.099$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A3-B3-C3-D3-E3-F3-G3) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。また、 $kh3 = 0.132$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A4-B4-C4-D4-E4-F4-G4) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。また、 $kh3 = 0.198$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A5-B5-C5-D5-E5-F5-G5) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。また、 $kh3 = 0.264$ のとき、 $kh1$ と $kh2$ が、図28の基本組み合わせ線 (A6-B6-C6-D6-E6-F6-G6) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。

【0131】更に、 $0.044 \leq kh3 \leq 0.066$ たる $kh3$ に対しては、図28の基本組み合わせ線 (A1-B1-C1-D1-E1-F1-G1) の各点と基本組み合わせ線 (A2-B2-C2-D2-E2-F2-G2) の各点を $kh2$ の値について線形補完 (線形補間) して得られる補完基本組み合わせ線 (A12-B12-C12-D12-E12-F12-G12) に対して $kh2$ を $+/-10\%$ で増減してなる範囲にあってもよい。すなわち、この範囲とは、補完基本組み合わせ線 (A12-B12-C12-D12-E12-F12-G12) から $kh2$ のみを10%増加させて得られる上限線と、補完基本組み合わせ線 (A12-B12-C12-D12-E12-F12-G12) から $kh2$ のみを10%減少させて得られる下限線とにより画定される領域のことである。ここで、この線形補完とは、例えば A1 ($kh1, kh2_{A1}$) と A2 ($kh1, kh2_{A2}$) を補完して A12 ($kh1, kh2_{A12}$) を与える線形補完とは、 $0.044 \leq kh3 \leq 0.066$ である $kh3$ に対して、 $kh2_{A12}$ を、 $kh3 = 0.044$ から 0.066 までの $kh3$ の変化に応じて比例配分則で与えることをいい、より具体的には下式：

$$kh2_{A12} = kh2_{A1} + (kh2_{A2} - kh2_{A1}) \times (k$$

$$h3 - kh3_{A1}) / (kh3_{A2} - kh3_{A1})$$

で与える方法のことである。ここで、A1とA2とA12でkh1は同じでありkh1=0.600、また、kh3_{A1}=0.044、kh3_{A2}=0.066であり、また、kh2_{A1}=0.645、kh2_{A2}=0.671である。

【0132】また、0.066≤kh3≤0.099たるkh3に対しては、図28の基本組み合わせ線(A2-B2-C2-D2-E2-F2-G2)の各点と基本組み合わせ線(A3-B3-C3-D3-E3-F3-G3)の各点とをkh3の値について線形補完して得られる補完基本組み合わせ線(A23-B23-C23-D23-E23-F23-G23)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあってもよい。ここで、線形補完により例えばA2(kh1, kh2_{A2})とA3(kh1, kh2_{A3})を補完してA23(kh1, kh2_{A23})を与える線形補完とは、A12の場合と同様に、0.066≤kh3≤0.099であるkh3に対して、kh2_{A23}を

$$kh2_{A23} = kh2_{A2} + (kh2_{A3} - kh2_{A2}) \times (kh3 - kh3_{A2}) / (kh3_{A3} - kh3_{A2})$$

で与える方法のことである。

【0133】また、0.099≤kh3≤0.132たるkh3に対しては、図28の基本組み合わせ線(A3-B3-C3-D3-E3-F3-G3)の各点と基本組み合わせ線(A4-B4-C4-D4-E4-F4-G4)の各点とをkh3の値について線形補完して得られる補完基本組み合わせ線(A34-B34-C34-D34-E34-F34-G34)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあってもよい。ここで、線形補完により例えばA3(kh1, kh2_{A3})とA4(kh1, kh2_{A4})を補完してA34(kh1, kh2_{A34})を与える線形補完とは、A12の場合と同様に、0.099≤kh3≤0.132であるkh3に対して、kh2_{A34}を

$$kh2_{A34} = kh2_{A3} + (kh2_{A4} - kh2_{A3}) \times (kh3 - kh3_{A3}) / (kh3_{A4} - kh3_{A3})$$

で与える方法のことである。

【0134】また、0.132≤kh3≤0.198たるkh3に対しては、図28の基本組み合わせ線(A4-B4-C4-D4-E4-F4-G4)の各点と基本組み合わせ線(A5-B5-C5-D5-E5-F5-G5)の各点とをkh3の値について線形補完して得られる補完基本組み合わせ線(A45-B45-C45-D45-E45-F45-G45)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあってもよい。ここで、線形補完により例えばA4(kh1, kh2_{A4})とA5(kh1, kh2_{A5})を補完してA45(kh1, kh2_{A45})を与える線形補完とは、A12の場合と同様に、0.132≤kh3≤0.198であるkh3に対して、kh2

A45を

$$kh2_{A45} = kh2_{A4} + (kh2_{A5} - kh2_{A4}) \times (kh3 - kh3_{A4}) / (kh3_{A5} - kh3_{A4})$$

で与える方法のことである。

【0135】また、0.198≤kh3≤0.264たるkh3に対しては、図28の基本組み合わせ線(A5-B5-C5-D5-E5-F5-G5)の各点と基本組み合わせ線(A6-B6-C6-D6-E6-F6-G6)の各点とをkh3の値について線形補完して得られる補完基本組み合わせ線(A56-B56-C56-D56-E56-F56-G56)に対してkh2を+/-10%で増減してなる範囲にあってもよい。ここで、線形補完により例えばA5(kh1, kh2_{A5})とA6(kh1, kh2_{A6})を補完してA56(kh1, kh2_{A56})を与える線形補完とは、A12の場合と同様に、0.198≤kh3≤0.264であるkh3に対して、kh2_{A56}を

$$kh2_{A56} = kh2_{A5} + (kh2_{A6} - kh2_{A5}) \times (kh3 - kh3_{A5}) / (kh3_{A6} - kh3_{A5})$$

で与える方法のことである。

【0136】これらの基本組み合わせ線及び補完基本組み合わせ線に基づき決められたkh1とkh2を有する表面弾性波素子(請求項56~66に係る表面弾性波素子)は、前出の第1の表面弾性波素子~第50表面弾性波素子と同じく、V>8000m/sの高い伝播速度と、実用レベルのK²を有しているが、更に、第1~第50の表面弾性波素子の中でも、特に好ましい範囲を限定している。具体的には、-20℃から80℃までの周波数変動が500ppm以内であり、すなわち温度1℃当たり5ppm以内となる。従って、第1~第50の表面弾性波素子よりも更に厳密な温度安定性を求められる場合には、これらの表面弾性波素子が好適である。なお、上から順に(SiO₂保護層)/(櫛型電極)/(ZnO圧電体層)/(ダイヤモンド)の積層構造を有する表面弾性波素子を2次モードで用いる場合は、(SiO₂保護層)/(ZnO圧電体層)/(櫛型電極)/(ダイヤモンド)の積層構造を有する表面弾性波素子を1次モードで用いる場合よりも伝播損失が小さい利点も併せ持つ。たとえば、2.5GHz帯で温度安定性の良い狭帯域フィルタを作製した場合、後者の構成では挿入損失は少なくとも10dB程度が限界であるが、前者の構成では10dB未満の挿入損失を実現できるようになる。

【0137】また、これらの図6(a)のタイプAの層構造を有する表面弾性波素子では、櫛型電極が、電力を印加して弾性波を励振させる入力櫛型電極と該弾性波を受信して電力を取り出す出力櫛型電極とを備え、入力櫛型電極の対数Niと出力櫛型電極の対数Noの合計Nが、50~90対であり、入力櫛型電極及び出力櫛型電極の交差幅がそれぞれ、波長λに対して、10λ~50

入の範囲にあることを特徴としてもよい。また、弾性波の伝搬方向に対して入力櫛形電極と出力櫛形電極を挟むように配置された少なくとも2つの反射器電極を更に備え、反射器電極の本数の合計が、 $2 \times (100 - N)$ 以下であることを特徴としてもよい。

【0138】2.5GHz帯の狭帯域フィルタの用途には、水晶(クォーツ)が基板材料として用いられるが、この場合、電極部分(櫛型電極部分及び反射器電極部分)の面積は最も小さい場合でも $200 \mu\text{m} \times 400 \mu\text{m}$ のサイズであった。小型化の要請に応えるために素子のサイズを小さくしようとすれば、この電極部分の面積も更に小さくすることが求められる。素子の小型化は、通信システムの小型軽量化に伴い、全ての電子部品に強く要求されているものである。

【0139】また、従来の素子では2.5GHz帯では透過損失10dB未満のものは未だ実現されていないが、より低損失のもののほどシステムへの利用の点で有利になり望まれている。

【0140】ここで、電極を小さくすれば電極面積が小さくなるのは自明の理であるが、水晶のような従来材料では、電極の対の数(対数: ついすう)及び交差幅を小さくすれば、素子のQ値が600未満と小さくなってしまい、また、透過損失が16dB程度以上に大きくなってしまったといった問題があり、良好な素子特性を満たしつつ電極面積を小さくすることには限界があった。また、電極面積の大きい場合でも、2.5GHz帯の高周波において、損失<10dB未満、TCF<5ppm/°C、 $Q \geq 600$ であるような狭帯域特性を有するものは、従来材料では実現されていない。

【0141】そこで本発明者らは、鋭意検討の結果、ダイヤモンドを基板に用いる表面弾性波素子の場合、ダイヤモンドと圧電体材料との複合体的特性が優れるため、電極の対数を従来よりも小さくしてもなおQ値を高くすることができ、また、透過損失を低く抑えることができることを見出した。そして、上記の積層構造と電極パターンの組み合わせを採用することにより、従来品に較べてより高い伝播速度、より高い温度安定性を実現し、且つ、狭帯域素子に一般的に必要なQ値 ≥ 600 の条件を満たし、透過損失が6~10dBと低損失を実現しつつも、素子の電極部分のサイズを $40 \sim 200 \mu\text{m} \times 200 \sim 400 \mu\text{m}$ 程度に小さくすることが可能となる。また、この構成においては、櫛型電極のフィンガを比較的太い線幅としてもなお十分な小型化を実現できるため、表面弾性波素子の歩留まりも高く維持できるとい加工性の利点も併せ持つ。

【0142】

【発明の実施の形態】以下、本発明を構成する物質等に着目して、本発明を詳細に説明する。

【0143】(ダイヤモンド)本発明では、天然型ダイヤモンドと合成ダイヤモンドのいずれも使用可能であ

る。また、単結晶ダイヤモンドでも多結晶ダイヤモンドでもアモルファスダイヤモンドでもよい。また、ダイヤモンド単体でもよいし、他の基材上に形成された薄膜でもよい。

【0144】薄膜の場合は、その膜厚 t が上記と同様の膜厚 t に関するパラメータ $kh = 2\pi(t/\lambda) = 4$ 以上となるような膜厚であることが好ましく、 $kh = 8$ 以上となるような膜厚であることが更に好ましい。その理由は、このような膜厚のダイヤモンドを有する表面弾性波素子は、表面弾性波の諸特性の変動が小さくなるからである。

【0145】また、合成ダイヤモンドの場合は、CVD、イオンプレーティング法、PVD、熱フィラメント法等、あらゆる製造方法を用いてこのダイヤモンドを合成することができる。

【0146】(ZnO層)本発明に従った表面弾性波素子のZnO層を構成するZnOは、c軸配向性ZnOであることが好ましい。ここに、c軸配向であるとは、ZnO膜の(001)面が基板と平行であるように形成されることをいう。形成されたZnO膜がc軸配向でありまた多結晶であれば、ZnOの本来有する圧電性を充分に利用した表面弾性波素子を実現することが可能となる。

【0147】(SiO₂層)本発明に従った表面弾性波素子では、SiO₂層が、温度特性を良好なものにするだけでなく、圧電体及び櫛型電極に対する保護膜としても機能し、外部環境からの湿気及び不純物等の影響を著しく低減する。

【0148】本発明に従った表面弾性波素子のSiO₂層を構成するSiO₂は、アモルファスであることが好ましい。

【0149】また、SiO₂層の表面弾性波の伝播速度の温度変化と、ダイヤモンド及びZnO層のそれとが、異符号になっている。具体的には、素子の温度が上昇すれば、SiO₂層の表面弾性波の伝播速度が増大するが、ダイヤモンド及びZnO層では表面弾性波の伝播速度は減少する。従って、SiO₂がダイヤモンド及びZnO層における伝播速度の温度変化を相殺し、その結果、表面弾性波素子の伝播速度が温度変化に対しても安定する。

【0150】(櫛型電極及び反射器電極)本発明の表面弾性波素子に用いる櫛型電極(又はすだれ状電極ともいう: interdigital transducer)は、圧電体の電気機械変換により表面弾性波を励振しこれを受信するための要素である。本発明の表面弾性波素子に含まれる櫛型電極の典型的な構造の一例を、図26(a)及び(b)に示す。図26(a)はシングル電極の入力櫛型電極(又は出力櫛型電極)の一部であり、(b)はダブル電極の入力櫛型電極(又は出力櫛型電極)の一部である。

【0151】櫛型電極は、電力を印加して弾性波を励振

するための入力櫛型電極と、弾性波を受信して電気エネルギーを取り出すための出力櫛型電極とから構成される。また、これらの櫛型電極を挟み込むように、両側に反射器電極（グレーティング反射器等）を配置し、櫛型電極間で発生する弾性波を反射器電極の間で多重反射させ定在波を発生させる表面弾性波共振器の構成をとってもよい。これらの櫛型電極や反射器電極を構成する材料は、導電性材料であればよく、加工性等の点からはアルミニウムが好ましく用いられる。

【0152】櫛型電極等にアルミニウムを用いた場合、アルミニウム製の櫛型電極の表面弾性波の伝播速度の温度変化は、ダイヤモンド及びZnO層のそれと同符号であり、SiO₂層のそれとは異符号である。即ち、素子の温度が上昇すれば、SiO₂層の表面弾性波の伝播速度が増大し、ダイヤモンド、ZnO層及びアルミニウム製櫛型電極における表面弾性波の伝播速度は減少する。

【0153】（短絡用電極）電界を等電位的とするための短絡用電極は、一般的には金属をその材質とする。更に形成の都合を考慮すれば、アルミニウム、金、金-銅等の金属薄膜電極であることが好ましい。

【0154】短絡用電極の厚さに特に制約はないが、50～3,000オングストローム程度の厚さであることが好ましい。50オングストロームに満たないと等電位の形成が困難となり、また、3,000オングストロームを越えれば、表面弾性波の特性に影響を及ぼすようになる。厚くなるほど、伝搬損失は低下してくるため、50～500オングストローム程度が更に好ましい。

【0155】

【実施例】以下、添付した図面を参照して、本発明の実施例を説明する。尚、添付した図面において、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0156】本発明では、最適な伝播速度V、電気機械結合係数K²、温度周波数特性TCF並びに伝搬損失を与えるような、圧電体であるZnO層と保護層のSiO₂層の厚さの最適化を、櫛型電極の厚さを考慮しつつ行った。評価結果を以下に開示する。

【0157】（実施例1）本実施例1では、図6（a）に示されるタイプAの構造を有する表面弾性波素子を作製した。図6（a）に示されるように、本実施例の表面弾性波素子10aは、ダイヤモンド層12の上にZnO層14が形成される。ZnO層14の上には櫛型電極20が形成され、更にこれらを覆うようにSiO₂層が形成されて、表面弾性波素子をなす。

【0158】本実施例では、伝播速度V、電気機械結合係数K²、周波数温度特性TCF並びに伝搬損失の諸性質を最適化するため、ダイヤモンド12上に形成するZnO膜14、SiO₂膜16及び櫛型電極20の厚さを変えて複数の表面弾性波素子を作製し、それぞれについて2次モードのV、K²、TCF及び伝搬損失を測定した。

【0159】具体的には、ダイヤモンド層12の厚さを20μmとし、ZnO層14の厚さは、0.20～2.5μmの範囲で20種類、Al櫛型電極の厚さを、シングル電極用及びダブル電極用として210オングストローム～4600オングストロームで20種類、SiO₂層16の厚さは、0.15～2.0μmの範囲で20種類とした。また、ZnO膜の厚さt₁、Al櫛型電極の厚さt₂及びSiO₂膜の厚さt₃を、表面弾性波の波長λに対して相対的に表現するため、以下のパラメータ：

$$kh1 = 2\pi(t_1/\lambda),$$

$$kh2 = 2\pi(t_2/\lambda),$$

$$kh3 = 2\pi(t_3/\lambda)$$

を用いた。

【0160】本実施例の表面弾性波素子は、以下のよう

【0161】10×10×1mmの寸法をもち、（100）面を有するSi基板を準備し、これをマイクロ波プラズマCVD装置のチャンバ内に搬入した。まず、チャンバ内を脱気して、反応室にH₂：CH₄＝200：1の混合ガスを導入した。次いで、チャンバ内圧力が約40 Torr、基板温度が850℃、マイクロ波パワーが400Wのマイクロ波プラズマ条件下で、上記のSi基板上に厚さ20μmのダイヤモンド薄膜12を堆積させた。ダイヤモンドの堆積速度は、約1.0μm/hrであった。次いで、ダイヤモンドが堆積されたSi基板をチャンバから取り出し、大気中に450℃で10分間放置してダイヤモンド薄膜の抵抗値を高めた。

【0162】次に、ダイヤモンド薄膜12の表面を研磨した後、基板をマグネトロンスパッタリング装置のチャンバ内に搬入し、チャンバ内にAr：O₂＝1：1の混合ガスを流しつつ、スパッタ出力150W、基板温度380℃のスパッタリング条件下で、ZnO多結晶のターゲットをスパッタし、ダイヤモンド薄膜12上にZnO膜14を堆積させた。ZnOの堆積速度は、1.8μm/hrであった。堆積速度を1.8μm/hr一定とし、堆積時間を調節することにより、堆積するZnO層の厚さを上記の範囲の20種類に調節した。

【0163】そして、ZnO膜14の上に、アルミニウム（Al）層を抵抗加熱法により蒸着した。Al層の厚さも、ZnO層の厚さの調節と同様に、堆積速度を一定として、堆積時間を調節することにより、堆積するAl層の厚さを上記の範囲の20種類に調節した。次いで、フォトリソグラフィー及びエッチングにより、線幅1μmのダブル電極構造をもち波長8μmを実現する交差幅400μmと、線幅1μmのシングル電極構造をもち波長4μmを実現する交差幅200μmの、2種類の櫛型電極20を形成した。

【0164】次いで、基板温度：150℃、高周波パワー：200W、ガス：Ar：O₂＝1：1の混合ガス、

圧力：0.01 Torr、ターゲット：SiO₂ の条件のスパッタリングによって、上記所定の厚さの非晶質SiO₂ 膜16を形成した。SiO₂ の厚さについても、堆積速度を0.54 μm/hr一定とし、堆積時間を調節することにより、堆積する厚さを上記の範囲の20種類に調節した。

【0165】以上のように、図6(a)に示される構造を有し、SiO₂ 層及びZnO層の厚さの異なる表面弾性波素子を作製した。そして、これらの各表面弾性波素子の入力側電極に高周波電力を印加して2次モードの表面弾性波を励起させ、 $V=f\lambda$ (f ：中心周波数、シングル電極の場合は、 $\lambda=4d=4\mu\text{m}$ 、ダブル電極の場合は $\lambda=8d=8\mu\text{m}$ 、 d ：線幅=1 μm) の関係から、励起された表面弾性波の伝播速度を求めた。各表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 は、ネットワークアナライザ(横河ヒューレットパッカード社製、8791A)を用いて2次モードにおいて測定された各表面弾性波素子の櫛型電極の放射コンダクタンスの実部 G に基づき、

$$K^2 = G / (8 \cdot f_0 \cdot C \cdot N)$$

(f_0 ：中心周波数、 C ：櫛型電極の全静電容量、 N ：櫛型電極の対の数)として求められた。

【0166】更に、TCFの測定は次の通りである。素子をヒーターで加熱して、室温～70℃まで変化させ、10℃おきに中心周波数を測定したところ直線関係が得られ、この直線の傾きからTCFが測定された。

【0167】更に、伝搬損失を測定するために、素子の入出力電極間距離の異なる表面弾性波素子を作製し(電極間距離：50波長、100波長、150波長)、特定の伝搬距離に対して、素子の挿入損失と距離の関係を評価したところ、直線関係が得られ、この直線の傾きから、一波長当たりの伝搬損失が得られた。

【0168】また、各表面弾性波素子のZnO層の正確な厚さ t_z 及びSiO₂ 層の正確な厚さ t_s は、上記の各パラメータ測定後、素子を切断し、この切断面をSEMで観察することにより求められた。そして、この t_z 及び t_s から $kh1$ 及び $kh2$ を求め、対応するパラメータの結果を評価した。ここで、 kh は、層の厚さ t 及び表面弾性波の波長 λ に対して $kh=2\pi(t/\lambda)$ で与えられるパラメータである。

【0169】本実施例により作製された表面弾性波素子について、ZnO層14の厚さとSiO₂ 層16の厚さに対する電気機械結合係数 K^2 の変化を図7に表した。図7は、電気機械結合係数 K^2 の $kh1$ 及び $kh2$ との関係を表すグラフであり、縦軸に $kh2$ (kh of SiO₂)、横軸に $kh1$ (kh of ZnO) をとり、電気機械結合係数 K^2 をパラメータとした $kh1$ と $kh2$ との関係を表した。従って、グラフの各曲線に付随する数字は、この曲線に対応する電気機械結合係数 K^2 の値であり、これらの単位は(%)である。なお、

図7の K^2 の分布のグラフは、 $kh3$ の値にかかわらず得られたものである。

【0170】また、伝播速度 V (m/sec.) 及び周波数温度特性TCF (ppm/℃) に関しても、ZnO層14の厚さとSiO₂ 層16の厚さに対する変化を評価した。 V 及びTCFに関しては、Al櫛型電極の kh である $kh3$ に応じて変化しており、そのうち代表的な測定結果をグラフに示す。図14は、 $kh3=0.066$ の場合の伝播速度 V を与える $kh1$ (kh of ZnO) 及び $kh2$ (kh of SiO₂) の分布を示し、同様に、図15は $kh3=0.132$ の場合の V 、図16は $kh3=0.198$ の場合の V 、図17は $kh3=0.264$ の場合の V 、図18は $kh3=0.330$ の場合の V を示している。また、TCFについては、図19は、 $kh3=0.066$ の場合の周波数温度特性TCFを与える $kh1$ 及び $kh2$ の分布を示し、同様に、図20は $kh3=0.132$ の場合のTCF、図21は $kh3=0.198$ の場合のTCF、図22は $kh3=0.264$ の場合のTCF、図23は $kh3=0.330$ の場合のTCFを示している。

【0171】更に、通過帯域中心周波数2GHzについて測定された伝搬損失は、1次モードに対しては0.05 dB/波長、2次モードに対しては0.03 dB/波長であった。

【0172】(実施例2～7) 実施例1と同様の方法及び条件で、表面弾性波素子を作製した。実施例2として、図6(b)に示されるタイプBの構成の表面弾性波素子10bを作製した。また、実施例3として、図6(c)に示されるタイプCの構成の表面弾性波素子10cを、実施例4として、図6(d)に示されるタイプDの構成の表面弾性波素子10dを、実施例5として、図6(e)に示されるタイプEの構成の表面弾性波素子10eを、実施例6として、図6(f)に示されるタイプFの構成の表面弾性波素子10fを、実施例7として、図6(g)に示されるタイプGの構成の表面弾性波素子10gを、それぞれ作製した。

【0173】ここで、各実施例によって櫛型電極の配置が異なるが、実施例2(タイプB)、3(タイプC)及び4(タイプD)では、実施例1と同様にZnO層14形成後にZnO層14上に実施例1と同様に櫛型電極20を形成した。また、実施例5(タイプE)、6(タイプF)及び7(タイプG)では、ダイヤモンド層12を形成しダイヤモンド層12表面を研磨後、ZnO層14の形成の前に、実施例1と同様のプロセスにより櫛型電極20を形成した。そして、この櫛型電極20を覆うように、ダイヤモンド層12の上にZnO層14を形成した。

【0174】また、タイプB、タイプC、タイプD、タイプF及びタイプGには、短絡用電極22、24が形成されている。この短絡用電極22、24の形成は以下の

通りであった。実施例 2 (タイプ B) 及び 6 タイプ (タイプ F) ではダイヤモンド層 12 形成しその表面を研磨した後、厚さ 50~200 オングストローム程度のアルミニウムの層を抵抗加熱法により蒸着し、これをフォトリソグラフィーにより加工して、櫛型電極が形成される領域に対応するように短絡用電極 22 が形成された。実施例 3 (タイプ C) 及び 7 (タイプ G) では、 SiO_2 層 16 形成後に、 SiO_2 層 16 の上に、実施例 2 と同様のプロセスで、形成された櫛型電極 20 の領域に対応するように短絡用電極 22 を形成した。また、実施例 4

【0175】実施例 2~7 のいずれにおいても実施例 1 同様に、伝播速度 V 、電気機械結合係数 K^2 、周波数温度特性 TCF 並びに伝搬損失の諸性質を最適化するため、ダイヤモンド上に形成する ZnO 膜及び SiO_2 膜の厚さを変えて複数の表面弾性波素子を作製し、それぞれについて 2 次モードの V 、 K^2 、 TCF 及び伝搬損失を測定した。具体的には、実施例 1 と同じく、ダイヤモンドの厚さを $20\text{ }\mu\text{m}$ とし、 ZnO 膜の厚さは、 $0.20\sim2.5\text{ }\mu\text{m}$ の範囲で 20 種類、A1 櫛型電極の厚さを $210\text{ オングストローム}\sim4600\text{ オングストローム}$ で 20 種類、 SiO_2 膜の厚さは、 $0.15\sim2.0\text{ }\mu\text{m}$ の範囲で 20 種類とした。実施例 2~7 の何れにおいても、 ZnO 層の厚さ、 SiO_2 層の厚さ及び A1 櫛型電極の厚さは、実施例 1 と同様に、堆積時間を調節することにより調節された。また、表面弾性波の波長 λ に対

$$kh1 = 2\pi (t_1 / \lambda),$$

$$kh2 = 2\pi (t_2 / \lambda),$$

$$kh3 = 2\pi (t_3 / \lambda)$$

を用いた。

【0176】そして、実施例 1 と同様の方法で、得られた表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 を測定した。そして、作製された表面弾性波素子について、 ZnO 層 14 の厚さと SiO_2 層 16 の厚さに対する電気機械結合係数 K^2 の変化を図 8~13 に表した。図 8~13 は、電気機械結合係数 K^2 の $kh1$ (kh of ZnO) 及び $kh2$ (kh of SiO_2) の関係を表すグラフであり、図 8 は実施例 2 (タイプ B)、図 9 は実施例 3 (タイプ C)、図 10 は実施例 4 (タイプ D)、図 11 は実施例 5 (タイプ E)、図 12 は実施例 6 (タイプ F)、そして、図 13 は実施例 7 (タイプ G) における電気機械結合係数 K^2 と $kh1$ 及び $kh2$ の関係を表す。

【0177】また、伝播速度 V 及び周波数温度特性 TCF に関しても、 ZnO 層 14 の厚さと SiO_2 層 16 の厚さに対する変化を評価した。実施例 2~7 で得られた V の $kh1$ 及び $kh2$ との関係は、実施例 1 で得られたものと同一の結果が得られた。従って、これは代表的な $kh3$ 毎に図 14~18 に表される。また、 TCF の $kh1$ 及び $kh2$ との関係も、代表的な $kh3$ 毎の図 19~23 に表されるように、実施例 1 で得られたものと同一の結果が得られた。

【0178】更に、測定された伝搬損失は、実施例 1 と同じく、1 次モードに対しては 0.05 dB/波長 、2 次モードに対しては 0.03 dB/波長 であった。

【0179】(実施例 1~7 の結果に基づく評価) 以上のように、表面弾性波素子を構成する圧電体部分の ZnO 層 14 の厚さと、保護層である SiO_2 層 16 の厚さとの最適化が、A1 櫛型電極の厚さを考慮しつつ、様々な電極配置において行われた。これらを総合的に評価し、本発明に従った構成を有する表面弾性波素子に対して、最適な $kh1$ と $kh2$ の関係を求め、入力信号の波長に応じた最適な ZnO 層 14 の厚さと SiO_2 層 16 の厚さを求めた。

【0180】図 1~5 は、実施例 1~7 の結果に基づいて決定された $kh1$ と $kh2$ の最適値を、 $kh3$ の厚さの範囲毎に表すグラフである。

【0181】図 7~図 23 に示される、本発明に従った表面弾性波素子の K^2 、 V 及び TCF の結果を総合的に評価した結果、A1 櫛型電極の厚さ t_3 のパラメータである $kh3$ の範囲毎に、 $kh1$ 及び $kh2$ の最適値の範囲が与えられた。 $kh3$ が $0.033\sim0.099$ の場合の最適な $kh1$ (kh of ZnO) 及び $kh2$ (kh of SiO_2) を図 1 に示した。 $kh3$ が $0.099\sim0.165$ の場合の最適な $kh1$ 及び $kh2$ を図 2 に示した。 $kh3$ が $0.165\sim0.231$ の場合の最適な $kh1$ 及び $kh2$ を図 3 に示した。 $kh3$ が $0.231\sim0.297$ の場合の最適な $kh1$ 及び $kh2$ を図 4 に示した。 $kh3$ が $0.297\sim0.363$ の場合の最適な $kh1$ 及び $kh2$ を図 5 に示した。

【0182】 $kh3$ が $(0.033 \leq kh3 \leq 0.099)$ の範囲にある場合は、図 1 の 2 次元直交座標グラフにおいて点 A B C D E F G H I J K L の 12 点が与えられ、隣接する点と点を結ぶ線分で囲まれた領域 A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-A の線上を含む内部に、表面弾性波素子の $kh1$ と $kh2$ で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよいことが見出された。更に好ましくは、図 1 において点 A B I J K L の 6 点を順に線分で結ぶ同様に囲まれた閉じた領域の線上を含む内部に表面弾性波素子の $kh1$ と $kh2$ で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよい。

【0183】 $kh3$ が $(0.099 \leq kh3 \leq 0.16$

5) の範囲にある場合は、図2の2次元直交座標グラフにおいて点A B C D E F G H I J K L Mの13点が与えられ、隣接する点と点を結ぶ線分で囲まれた領域A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-Aの線上を含む内部に、表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよいことが見出された。更に好ましくは、図2において点A B C N J K L Mの8点を順に線分で結ぶ同様に囲まれた閉じた領域の線上を含む内部に表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよい。

【0184】 kh_3 が $(0.165 \leq kh_3 \leq 0.231)$ の範囲にある場合は、図3の2次元直交座標グラフにおいて点A B C D E F G H I J K L Mの13点が与えられ、隣接する点と点を結ぶ線分で囲まれた領域A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-Aの線上を含む内部に、表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよいことが見出された。更に好ましくは、図3において点A B N O J K L Mの8点を順に線分で結ぶ同様に囲まれた閉じた領域の線上を含む内部に表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよい。

【0185】 kh_3 が $(0.231 \leq kh_3 \leq 0.297)$ の範囲にある場合は、図4の2次元直交座標グラフにおいて点A B C D E F G H I J K L M Nの14点が与えられ、隣接する点と点を結ぶ線分で囲まれた領域A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-Aの線上を含む内部に、表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよいことが見出された。更に好ましくは、図4において点A O P K L Mの7点を順に線分で結ぶ同様に囲まれた閉じた領域の線上を含む内部に表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよい。

【0186】 kh_3 が $(0.297 \leq kh_3 \leq 0.363)$ の範囲にある場合は、図5の2次元直交座標グラフにおいて点A B C D E F G H I J K Lの12点が与えられ、隣接する点と点を結ぶ線分で囲まれた領域A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-Aの線上を含む内部に、表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよいことが見出された。更に好ましくは、図5において点L M J Kの4点を順に線分で結ぶ同様に囲まれた閉じた領域の線上を含む内部に表面弾性波素子の kh_1 と kh_2 で与えられる点が入るように、表面弾性波素子を構成すればよい。

【0187】 kh_3 の各範囲に対して kh_1 と kh_2 が

	kh_3	kh_1	kh_2	-20~80℃の周波数変動幅
図29	0.099	0.8	0.758	100ppm;

上記の範囲にある場合に実現される表面弾性波素子のV、TCF、 K' 等の動作性能は、評価結果である図7~図23のグラフを参照すれば明らかであり、これらは、前記の〔課題を解決するための手段〕で、それぞれ、タイプA、タイプB、タイプC、タイプD及びタイプFの層構造について述べた通りである。

【0188】図27は、本発明に従って作製された表面弾性波素子50を実装したパッケージの一例を示す図である。図27(a)は、蓋を開けた状態でのパッケージ58の上面図であり、(b)は側面断面図、(c)は底面図である。パッケージ58には、電極用パッド62a~fが具備されている。本発明の表面弾性波素子50は、パッケージ58の底部の中央附近に載置されている。表面弾性波素子50の櫛型電極52からの入出力のため、電極54a、54b、54c及び54dが配置されている。電極54a、54b、54c及び54dからは、ワイヤ56により電極用パッド62へと接続される。側面断面図である(b)に示されるように、蓋60がパッケージ58に鑑付けされる。

【0189】このようにパッケージングされた本発明の表面弾性波素子は、例えば、光通信用フィルタ等としての使用に供される。

【0190】(実施例8)次に、これらの表面弾性波素子の温度安定性を更に高めることを目的として行った検討について説明する。

【0191】前述の実施例1と同様に、図6(a)に示されるタイプAの積層構造を有する表面弾性波素子を作製したが、このとき、 kh_1 及び kh_2 について実施例1で得られた範囲を更に絞り込む検討を行うため、表面弾性波素子もそのように作製した。得られた表面弾性波素子について、実施例1と同様の方法で、TCFを評価した。

【0192】2次モードの表面弾性波の波長 λ に対する櫛型電極の厚さ t_k について定義される無次元厚さ $kh_3 = 2\pi(t_k/\lambda)$ を、0.044, 0.066, 0.099, 0.132, 0.198, 0.264の6種類を検討範囲とし、このそれぞれに対して、2次モードの表面弾性波の波長 λ に対するZnOの厚さ t_l の無次元厚さである $kh_1 = 2\pi(t_l/\lambda)$ を、0.600, 0.800, 0.900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.400の7種類とし、そのとき、-20~80℃のTCFの変化が500ppm以内となるよう、SiO₂の厚さ t_s の無次元厚さである $kh_2 = 2\pi(t_s/\lambda)$ を求めた。

【0193】図29~図34は、本実施例で得られた表面弾性波素子についてのTCF測定結果の一部を例示するグラフであり、その内容とTCFの温度変動は、以下に示す通りである：

kh_2	-20~80℃の周波数変動幅
0.758	100ppm;

81

82

図30	0.099	1.0	0.832	130ppm;
図31	0.099	1.2	0.930	100ppm;
図32	0.044	1.0	0.759	100ppm;
図33	0.066	1.0	0.789	200ppm;
図34	0.132	1.0	0.877	100ppm.

【0194】図29～34にも示されるように、このk h 1、k h 2及びk h 3の組み合わせでは、-20～80℃の周波数変動幅は100～200ppmと非常に小さく良好な結果が得られた。ここに図示した以外の上記のk h 3とk h 1の組み合わせに関しても同様に周波数変動幅が100～200ppmとなるようなk h 2をそれぞれ得ることができた。

【0195】このように、上記6種類のk h 3の値に対して得られたk h 1とk h 2の値を、図28に示す。

k h 3 = 0.044

【0196】図28は、横軸にk h 1、縦軸にk h 2をとるグラフであり、本実施例における検討の結果、上記6種類のk h 3に対して上記のような小さな周波数変動幅を与えるように得られたk h 1とk h 2の組み合わせを示すグラフである。このグラフにおける各点の座標(k h 1, k h 2)は、次の表1～表6の通りである。

【0197】

【表1】

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A1	0.600	0.645	0.710	0.581
B1	0.800	0.684	0.752	0.616
C1	0.900	0.718	0.790	0.646
D1	1.000	0.759	0.835	0.683
E1	1.100	0.809	0.890	0.728
F1	1.200	0.866	0.953	0.779
G1	1.400	0.987	1.086	0.888

【0198】

k h 3 = 0.066

【表2】

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A2	0.600	0.671	0.738	0.604
B2	0.800	0.713	0.784	0.642
C2	0.900	0.747	0.822	0.672
D2	1.000	0.789	0.868	0.710
E2	1.100	0.837	0.921	0.753
F2	1.200	0.891	0.980	0.802
G2	1.400	1.011	1.112	0.910

【0199】

【表3】

83
k h 3 = 0. 099

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A3	0. 600	0. 713	0. 784	0. 642
B3	0. 800	0. 758	0. 834	0. 682
C3	0. 900	0. 790	0. 869	0. 711
D3	1. 000	0. 832	0. 915	0. 749
E3	1. 100	0. 879	0. 967	0. 791
F3	1. 200	0. 930	1. 023	0. 837
G3	1. 400	1. 046	1. 151	0. 941

[0200]

【表4】

k h 3 = 0. 132

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A4	0. 600	0. 755	0. 831	0. 680
B4	0. 800	0. 803	0. 883	0. 723
C4	0. 900	0. 837	0. 921	0. 753
D4	1. 000	0. 877	0. 965	0. 789
E4	1. 100	0. 922	1. 014	0. 830
F4	1. 200	0. 972	1. 069	0. 875
G4	1. 400	1. 083	1. 191	0. 975

[0201]

【表5】

k h 3 = 0. 198

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A5	0. 600	0. 837	0. 921	0. 753
B5	0. 800	0. 897	0. 987	0. 807
C5	0. 900	0. 933	1. 026	0. 840
D5	1. 000	0. 973	1. 070	0. 876
E5	1. 100	1. 017	1. 119	0. 915
F5	1. 200	1. 063	1. 169	0. 957
G5	1. 400	1. 167	1. 284	1. 050

【0202】

k h 3 = 0. 264

【表6】

点	k h 1	k h 2	k h 2 10%増	k h 2 10%減
A 6	0. 600	0. 914	1. 005	0. 823
B 6	0. 800	0. 989	1. 088	0. 890
C 6	0. 900	1. 029	1. 132	0. 926
D 6	1. 000	1. 069	1. 176	0. 962
E 6	1. 100	1. 111	1. 222	1. 000
F 6	1. 200	1. 156	1. 272	1. 040
G 6	1. 400	1. 257	1. 383	1. 131

各k h 3に対し、図28と表1に示される各点をk h 3の値に毎に結んだ線（以下、「基本組み合わせ線」と称する）にk h 1とk h 2があれば、非常に優れた温度安定性を示すことになる。

【0203】次に、優れた温度安定性（周波数変動幅が500ppm以下）を得るためには、このように非常に優れた温度安定性（100～200ppm）を示す基本

	k h 3	k h 1	k h 2	-20～80℃の周波数変動幅
図35	0. 066	1. 0	0. 710	400ppm;
図36	0. 066	1. 0	0. 750	200ppm;
図37	0. 066	1. 0	0. 828	150ppm;
図38	0. 066	1. 0	0. 868	400ppm.

【0205】図33の結果と図35～38の結果から明らかなように、k h 3=0. 066、k h 1=1. 0の場合は、図28の基本組み合わせ線上の点D2：k h 2=0. 789（図33）から+/-10%増減した範囲にk h 2があれば、-20℃～80℃の周波数変動幅が500ppm以内と小さくすることができた。k h 3=0. 066の他の基本組み合わせ線上の点A2、B2、C2、E2、F2及びG2についても、同様の評価を行った結果、これらの点からk h 2が+/-10%増減した範囲にあれば、-20℃～80℃の周波数変動幅が500ppm以内と小さくすることが確認された。

【0206】同様に、k h 3=0. 044、0. 099、0. 132、0. 198、0. 264についても、これらに対応する基本組み合わせ線を構成する各点からk h 2が+/-10%増減した範囲にあれば、-20℃～80℃の周波数変動幅が500ppm以内と小さくすることが確認された。

【0207】更に、0. 044～0. 066のk h 3に対して、これらに相当する2つの基本組み合わせ線に対してk h 2を線形補完することにより、補完基本組み合わせ線（A12-B12-C12-D12-E12-F

組み合わせ線からどの程度までの変化が許容されるかの検討を行った。図35～図38は、k h 3=0. 066、k h 1=1. 0の場合において、-20～80℃の周波数変動幅が500ppmとなるようなk h 2の範囲を求めた実験の結果を表すグラフである。これらのグラフにおけるk h 2と周波数変動幅を以下に示す。

【0204】

12-G12）を得ることができ、この補完基本組み合わせ線を構成する各点からk h 2が+/-10%増減した範囲にあれば、-20℃～80℃の周波数変動幅が500ppm以内と小さくすることが確認された。

【0208】（実施例9）本実施例では、良好な素子特性を満たしつつ素子のサイズの小型化を図ることを目的として、本発明の表面弾性波素子の積層構造と電極パターンとの組み合わせに着目した検討を行った。

【0209】図39（a）は、本実施例で採用した電極部分を例示する平面図である。図39（a）に示されるように、この電極部分は、入力櫛型電極100と、入力櫛型電極100に対向する出力櫛型電極110とを備えている。入力櫛型電極100は、平行に配置される2本のバスバー102と、一方のバスバー102から他方のバスバー102の方へと伸びるフィンガ104とから構成される。出力櫛型電極110も入力櫛型電極と同様に、バスバー112と、フィンガ114とから構成される。出力櫛型電極110は、入力櫛型電極100により励振された弾性波の伝播方向に配置される。一方のバスバー102から伸びるフィンガ104は、他方のバスバー102から伸びるフィンガと交互に配置される。一方のバス

バーから伸びるフィンガと他方のバスバーから伸びるフィンガの対の数を、櫛型電極の対数（ついすう）と称する。また、入力櫛型電極と出力櫛型電極の重なり合う長さを交差幅という。フィンガの幅を線幅、フィンガの中心間の距離を電極間距離という。入力櫛型電極により発生する弾性波の波長 λ は、この電極間距離の2倍に等しい。1つのフィンガの端と隣のフィンガの端との距離を線間という。これらの定義は、図39（b）のフィンガの部分の拡大図に模式的に示される。なお、図39

（a）では、櫛型電極と反射器全てが弾性波の進行方向に対して同じ幅を有するように図示されているが、これらの幅は、同じでなくともよい。

【0210】本実施例の電極部分では、入力櫛型電極100と出力櫛型電極110を挟み込むように、それぞれ両側に、反射器電極120及び130が配置される。櫛型電極間で発生する弾性波が両反射器電極の間で多重反射することにより、定在波が発生する。反射器電極120は、櫛型電極と異なり、フィンガ124が2つのバスバー122をつないでいる。

【0211】本実施例では、図6（a）のタイプAに各層の厚さを以下の通りとした構造1～構造4の積層構造に対して、以下の12通りの電極パターンの、総計48種の表面弾性波素子を作製し、これらの表面弾性波素子の透過損失とQ値を調べた。

【0212】積層構造：

〔構造1〕

ダイヤモンド膜（多結晶膜、CVD法）厚さ $30\mu\text{m}$
ZnO膜（c軸配向多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.688\mu\text{m}$ （ $kh1=1.2$ ）

SiO₂膜（アモルファス膜、スパッタリング法）厚さ $0.496\mu\text{m}$ （ $kh2=0.866$ ）

Al電極膜（多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.027\mu\text{m}$ （ $kh3=0.044$ ）

〔構造2〕

ダイヤモンド膜（多結晶膜、CVD法）厚さ $30\mu\text{m}$
ZnO膜（c軸配向多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.63\mu\text{m}$ （ $kh1=1.1$ ）

SiO₂膜（アモルファス膜、スパッタリング法）厚さ $0.48\mu\text{m}$ （ $kh2=0.837$ ）

Al電極膜（多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.038\mu\text{m}$ （ $kh3=0.066$ ）

〔構造3〕

ダイヤモンド膜（多結晶膜、CVD法）厚さ $30\mu\text{m}$
ZnO膜（c軸配向多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.573\mu\text{m}$ （ $kh1=1.0$ ）

SiO₂膜（アモルファス膜、スパッタリング法）厚さ $0.477\mu\text{m}$ （ $kh2=0.832$ ）

Al電極膜（多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.057\mu\text{m}$ （ $kh3=0.099$ ）

〔構造4〕

ダイヤモンド膜（多結晶膜、CVD法）厚さ $30\mu\text{m}$
ZnO膜（c軸配向多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.516\mu\text{m}$ （ $kh1=0.9$ ）

SiO₂膜（アモルファス膜、スパッタリング法）厚さ $0.48\mu\text{m}$ （ $kh2=0.837$ ）

Al電極膜（多結晶膜、スパッタリング法）厚さ $0.076\mu\text{m}$ （ $kh3=0.132$ ）

電極パターン

〔電極1〕

10 電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝20対（合計40対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝ 15λ

電極間距離＝ $3.5\mu\text{m}$

〔電極2〕

電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝25対（合計50対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝ 15λ

電極間距離＝ $3.5\mu\text{m}$

〔電極3〕

電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝ 15λ

電極間距離＝ $3.5\mu\text{m}$

〔電極4〕

電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝40対（合計80対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝ 15λ

電極間距離＝ $3.5\mu\text{m}$

〔電極5〕

電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝45対（合計90対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝ 15λ

電極間距離＝ $3.5\mu\text{m}$

〔電極6〕

50 電極線幅＝線間＝ $0.9\mu\text{m}$ （ $\lambda=3.6\mu\text{m}$ ）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝50対（合計100対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝15λ

電極間距離＝3.5μm

〔電極7〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝5λ

電極間距離＝3.5μm

〔電極8〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝10λ

電極間距離＝3.5μm

〔電極9〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝30λ

〔構造1〕

電極間距離＝3.5μm

〔電極10〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝40λ

電極間距離＝3.5μm

〔電極11〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝50λ

電極間距離＝3.5μm

〔電極12〕

電極線幅＝線間＝0.9μm（λ＝3.6μm）

20 櫛型電極フィンガ対数（入力側＝出力側）＝30対（合計60対）

反射器フィンガ本数＝入力側、出力側それぞれ20本（合計40本）

交差幅＝60λ

電極間距離＝3.5μm。

【0213】 これらを組み合わせた48種の表面弾性波素子の透過損失とQ値の結果を、表7～表20に示す。

【0214】

〔表7〕

構造	電極	透過損失	Q値
1	1	8.1	400
1	2	7.3	600
1	3	8.0	707
1	4	8.8	729
1	5	9.5	759
1	6	12.0	777
1	7	12.3	813
1	8	8.9	742
1	9	7.4	618
1	10	8.4	601
1	11	9.2	583
1	12	9.0	495

【0215】

〔表8〕

〔構造 2〕

構造	電極	透過損失	Q値
2	1	8.5	440
2	2	7.5	604
2	3	8.1	740
2	4	9.0	780
2	5	9.9	800
2	6	12.5	810
2	7	12.2	860
2	8	9.0	802
2	9	7.9	620
2	10	8.5	608
2	11	9.2	598
2	12	9.5	460

【0216】

20 【表9】

〔構造 3〕

構造	電極	透過損失	Q値
3	1	8.9	480
3	2	7.8	644
3	3	8.6	762
3	4	9.5	788
3	5	9.9	817
3	6	13.3	859
3	7	12.4	882
3	8	9.7	837
3	9	8.3	650
3	10	8.5	649
3	11	9.4	625
3	12	9.9	487

【0217】

40 【表10】

構造	電極	透過損失	Q値
4	1	9.7	499
4	2	8.5	685
4	3	8.8	770
4	4	9.6	791
4	5	9.9	842
4	6	13.8	880
4	7	13.4	889
4	8	9.8	872
4	9	8.9	693
4	10	9.6	681
4	11	9.9	655
4	12	11.0	507

ここで、透過損失の測定は次のように行った。各素子の入出力電極間の透過電力の周波数依存性（いわゆる S21 特性）をネットワークアナライザで測定し、2.4～2.6GHz 付近に現れた 2 次モードのピークに関して、そのピークの最小挿入損失を測定し、これを透過損失とした。

【0218】また、この測定結果において、最小挿入損失となる周波数（＝中心周波数 f_0 ）と、最小挿入損失から 3dB だけ損失が大きくなる周波数（低周波側の周波数を f_L 、高周波側の周波数を f_U とする）を求めて 3dB ダウンの帯域幅（ $f_U - f_L$ ）を計算し、ピークの鋭さの指標である Q 値を $Q = f_0 / (f_U - f_L)$ として求めた。

【0219】本発明のような構成を有する表面弾性波素子を、狭帯域フィルタや共振器として応用しようとする場合、Q 値は 600 以上が必要である。また、透過損失が 10dB 未満になれば、従来知られている表面弾性波素子よりも低いために有意義である。

【0220】表 7～10 に示された評価結果によれば、対数が 2.5 より小さくなる（電極パターン 1）と、Q 値が 600 よりも小さくなることがわかった。また、対数が 5.0 を超える（電極パターン 6）と、透過損失が 10dB を超えてしまうことがわかった。

【0221】また、交差幅が 10λ （ λ ：波長）よりも小さくなる（電極パターン 7）と、透過損失が 10dB を超えることが見出された。また、交差幅が 50λ を超える（電極パターン 12）と、Q 値が 600 よりも小さくなることも見出された。

【0222】ところで、パッケージング後の帯域外抑圧はレベルが高いことが望まれるが、上記の素子においては、従来の水晶素子におけるレベルや、上から SiO2

／IDT／ZnO／ダイヤモンドの順の積層構造を有する素子のレベルよりも小さくすることができた。

【0223】また、従来の水晶素子や、上から SiO2／IDT／ZnO／ダイヤモンドの順の積層構造を有する素子では、素子をパッケージングした際の 3GHz における透過電力抑圧は -40dB までであるが、本実施例に係る素子では、-45dB を達成することができた。

【0224】更に、本実施例に係る素子では、伝播速度は 9000m/s という高い伝播速度を活用できている。また、線幅が $0.9\mu\text{m}$ という太い線幅にもかかわらず、2.5GHz の中心周波数を実現することができた。即ち、太い線幅の構成を採用して歩留まりを高くしつつも、高い中心周波数を得ることが可能になった。ちなみに、水晶では、2.5GHz の中心周波数を実現するためには、線幅を $0.5\mu\text{m}$ 以下にしなければならず、この線幅で加工するためには、高度な微細加工が必要となる。

【0225】また、中心周波数の温度に対する変動に関しても、-20～80℃の周波数温度変動幅が 100～200ppm と非常に小さく抑えることができた。

【0226】

【発明の効果】以上詳細に説明をしてきたように、本発明の表面弾性波素子は、ダイヤモンド上に ZnO 層が形成された構造を有する表面弾性波素子において、良好な伝播速度 V、電気機械結合係数 K^2 、周波数温度特性 TCF を実現し、且つ、良好な伝搬損失をも実現することにより、高周波領域で優れた動作特性を有する表面弾性波素子を提供する。

【0227】また、本発明の表面弾性波の製造方法によれば、上記のように高周波領域で優れた動作特性を有す

20

30

40

50

る表面弾性波素子を、容易に製造することが可能となる。

【0228】更に、 kh_1 と kh_2 の範囲を更に絞り込むことにより、 $-20 \sim 80^\circ\text{C}$ の範囲において非常に優れた温度安定性を有する表面弾性波素子を提供することができ、更に、この積層構造に対して特定の電極パターンを与えることにより、諸特性を低下させずに、素子自体の小型化を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 kh_1 を横軸、 kh_2 を縦軸とする2次元直交座標グラフであって、 $0.033 \leq kh_3 \leq 0.099$ の場合の最適な kh_1 及び kh_2 を与える、領域ABCDEF GHI JKLA及び領域ABI JKLAを示す。

【図2】 kh_1 を横軸、 kh_2 を縦軸とする2次元直交座標グラフであって、 $0.099 \leq kh_3 \leq 0.165$ の場合の最適な kh_1 及び kh_2 を与える、領域ABCDEF GHI JKLM A及び領域ABC N JKLM Aを示す。

【図3】 kh_1 を横軸、 kh_2 を縦軸とする2次元直交座標グラフであって、 $0.165 \leq kh_3 \leq 0.231$ の場合の最適な kh_1 及び kh_2 を与える、領域ABCDEF GHI JKLM A及び領域ABNO JKLM Aを示す。

【図4】 kh_1 を横軸、 kh_2 を縦軸とする2次元直交座標グラフであって、 $0.231 \leq kh_3 \leq 0.297$ の場合の最適な kh_1 及び kh_2 を与える、領域ABCDEF GHI JKLM N A及び領域AOP KLM N Aを示す。

【図5】 kh_1 を横軸、 kh_2 を縦軸とする2次元直交座標グラフであって、 $0.297 \leq kh_3 \leq 0.363$ の場合の最適な kh_1 及び kh_2 を与える、領域ABCDEF GHI JKLA及び領域LM JK Lを示す。

【図6】表面弾性波素子の断面図であり、(a)はタイプAを、(b)はタイプBを、(c)はタイプCを、(d)はタイプDを、(e)はタイプEを、(f)はタイプFを、(g)はタイプGを、それぞれ表す。

【図7】実施例1で評価された、タイプAの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図8】実施例2で評価された、タイプBの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図9】実施例3で評価された、タイプCの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図10】実施例4で評価された、タイプDの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図11】実施例5で評価された、タイプEの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2

の関係を表すグラフである。

【図12】実施例6で評価された、タイプFの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図13】実施例7で評価された、タイプGの表面弾性波素子の電気機械結合係数 K^2 に対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図14】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.066$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の伝播速度Vに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図15】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.132$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の伝播速度Vに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図16】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.198$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の伝播速度Vに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図17】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.264$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の伝播速度Vに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図18】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.330$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の伝播速度Vに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図19】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.066$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の周波数温度特性TCFに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図20】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.132$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の周波数温度特性TCFに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図21】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.198$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の周波数温度特性TCFに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図22】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.264$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の周波数温度特性TCFに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図23】実施例1～7において評価された、 $kh_3 = 0.330$ の場合のタイプA～Gの表面弾性波素子の周波数温度特性TCFに対する kh_1 、 kh_2 の関係を表すグラフである。

【図24】本発明に従った第1の予備評価により、適正化された kh_1 (kh of ZnO) と kh_2 (kh of SiO₂) を現すグラフであり、領域A' B' C'

D'E'F'G'H'I'J'K'L'M'N'O'P'Q'R'A' 及び領域 A'B'C'D'S'T'M'N'O'P'Q'R'A' が示されるグラフである。

【図25】本発明に従った第2の予備評価により、適正化された kh_1 (kh of ZnO) と kh_2 (kh of SiO_2) の領域 $abcde fghijk lmnopqra$ 及び領域 $abcdstmnopqra$ を示すグラフである。

【図26】櫛型電極の上面図であり、(a) はシングル電極の例を、(b) はダブル電極の例をそれぞれ示す。 10

【図27】本発明の表面弾性波素子のパッケージングの様子を示す図であり、(a) は上面図で蓋を取り去った様子を示し、(b) は側面断面図、(c) は底面図ある。

【図28】実施例8において求められた基本組み合わせ線を示すグラフである。

【図29】 $kh_3=0.099$, $kh_1=0.8$, $kh_2=0.758$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図30】 $kh_3=0.099$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.832$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。 20

【図31】 $kh_3=0.099$, $kh_1=1.2$, $kh_2=0.930$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図32】 $kh_3=0.044$, $kh_1=1.0$; $kh_2=0.759$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図33】 $kh_3=0.066$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.789$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図34】 $kh_3=0.132$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.877$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図35】 $kh_3=0.066$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.710$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図36】 $kh_3=0.066$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.750$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図37】 $kh_3=0.066$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.828$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

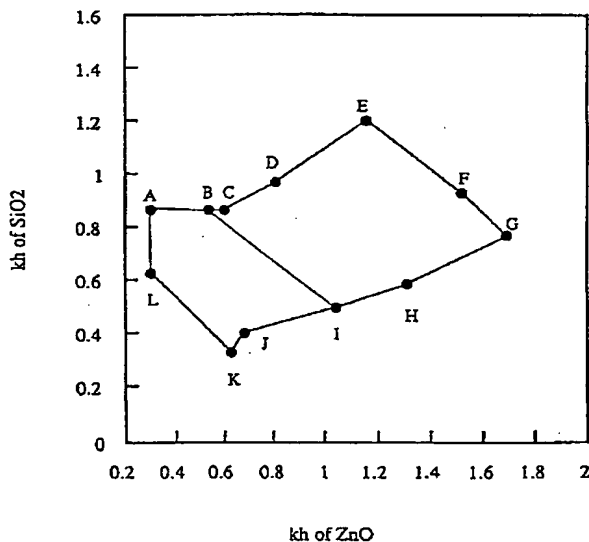
【図38】 $kh_3=0.066$, $kh_1=1.0$, $kh_2=0.868$ の場合の TCF の温度変化の測定結果を示すグラフである。

【図39】(a) は実施例9の電極部分の平面図であり、(b) はフィンガ部分の拡大図である。

【符号の説明】

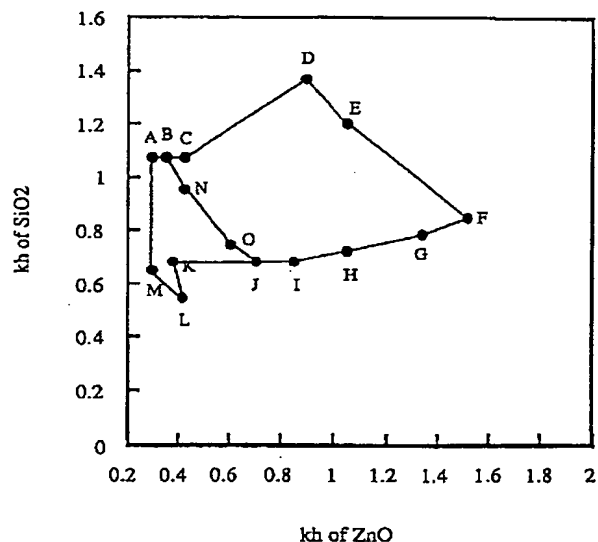
10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g…表面弾性波素子、12…ダイヤモンド層、14…ZnO層、16… SiO_2 層、20…櫛型電極、22…短絡用電極、50…表面弾性波素子、52…櫛型電極、54…電極、56…ワイヤ、58…パッケージ、60…蓋、62…電極用パッド、100…入力櫛型電極、102…バスバー、104…フィンガ、110…出力櫛型電極、112…バスバー、114…フィンガ、120, 130…反射器。

【図1】



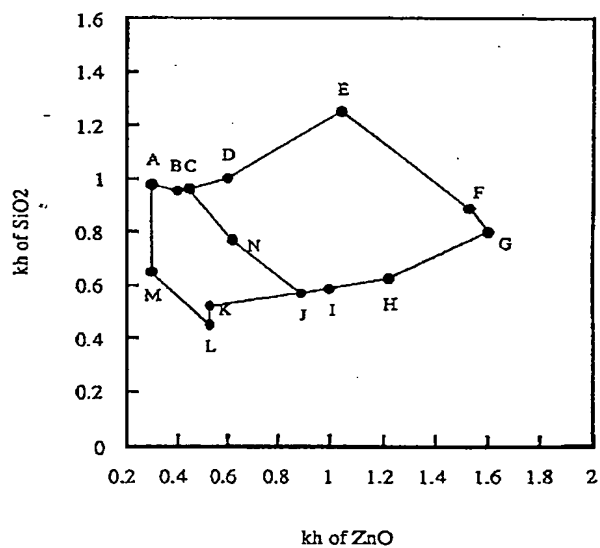
$$0.033 \leq kh \text{ of Al} \leq 0.099$$

【図3】



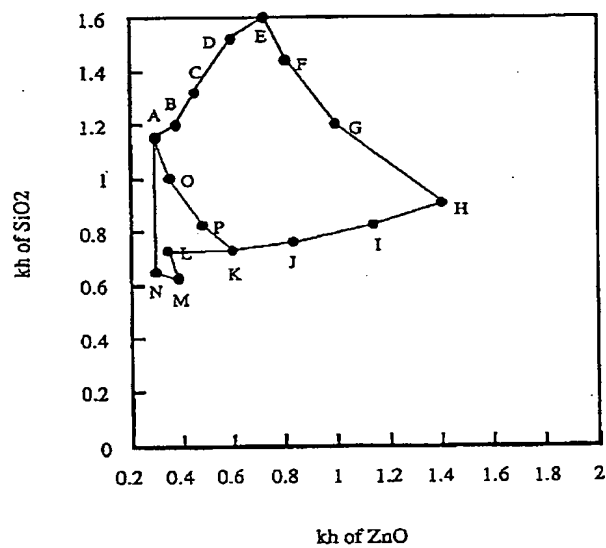
$$0.165 \leq kh \text{ of Al} \leq 0.231$$

【図 2】



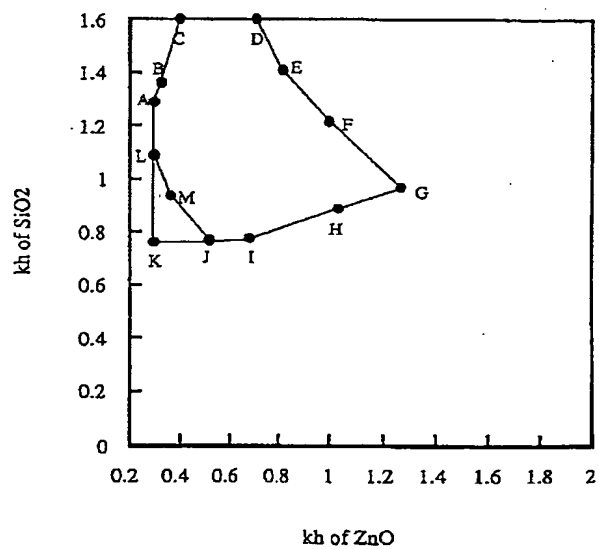
$$0.099 \leq \text{kh of Al} \leq 0.165$$

【図 4】



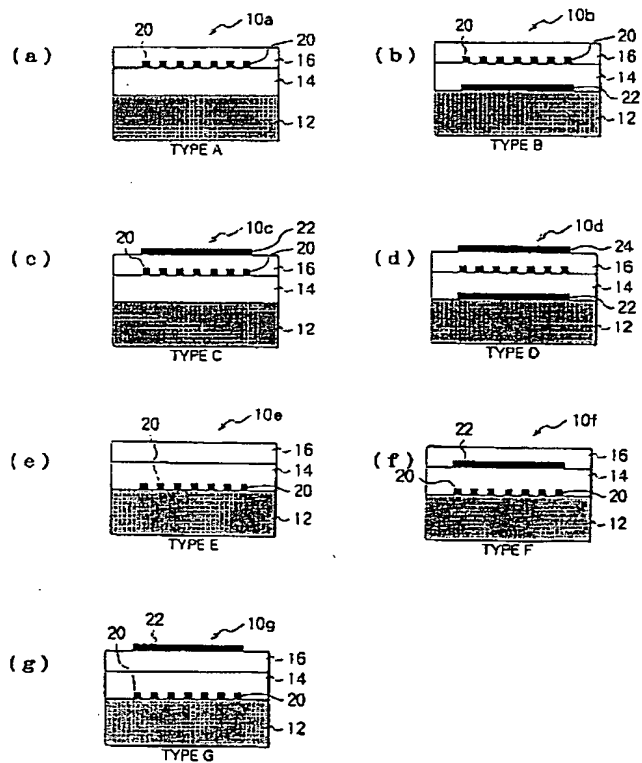
$$0.231 \leq \text{kh of Al} \leq 0.297$$

【図 5】

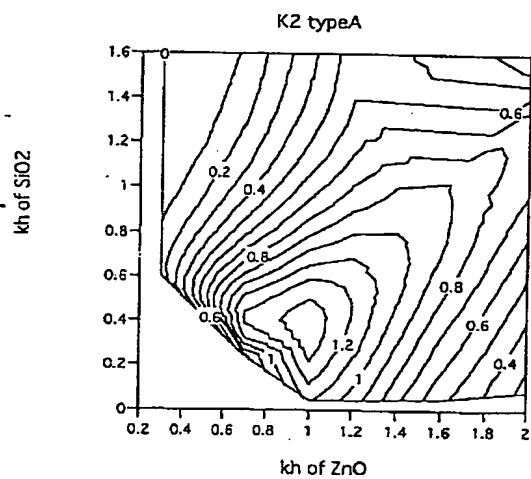


$$0.297 \leq \text{kh of Al} \leq 0.363$$

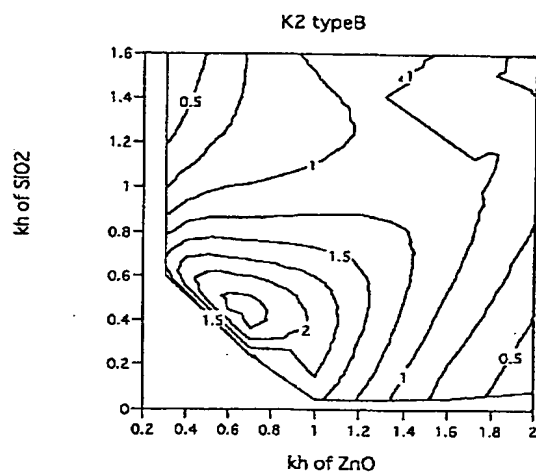
【図 6】



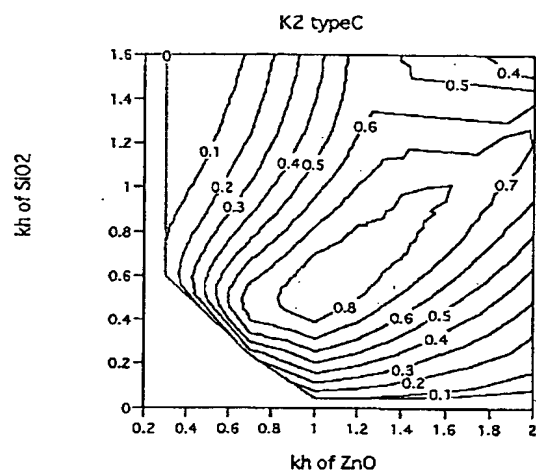
【圖 7】



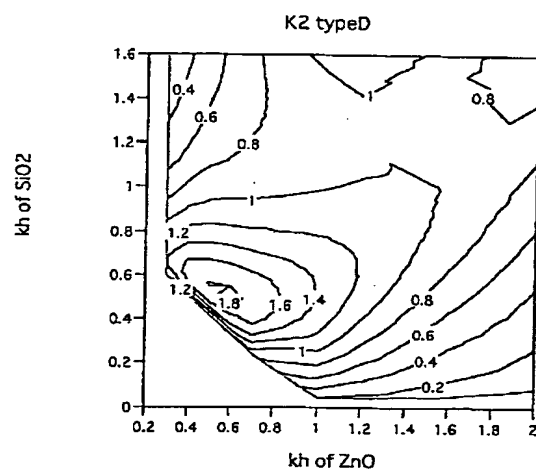
【圖 8】



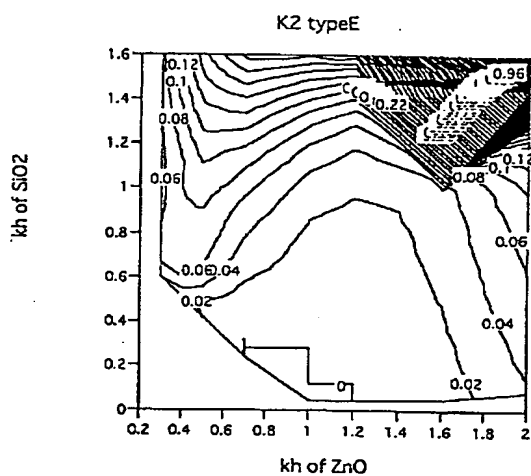
【圖 9】



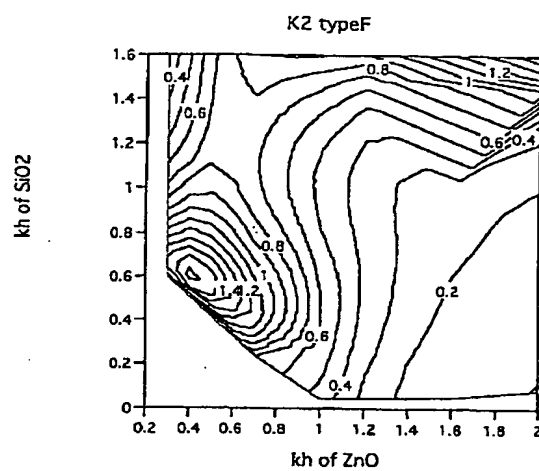
【圖 10】



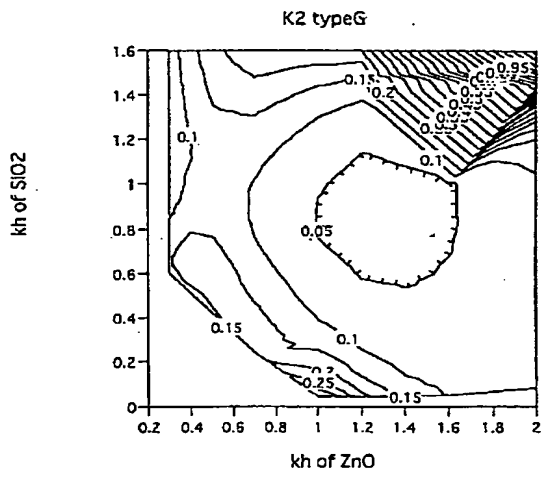
【圖 11】



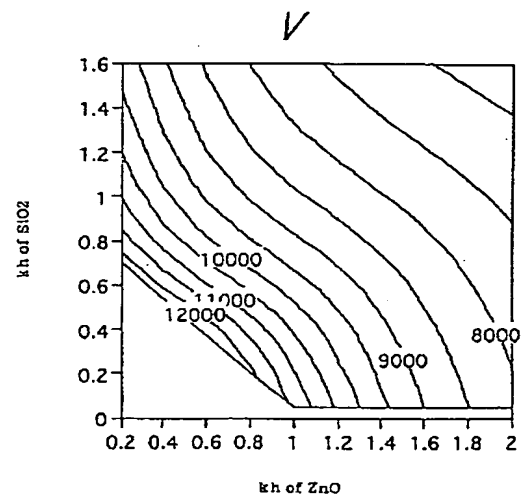
【圖 12】



【図 13】

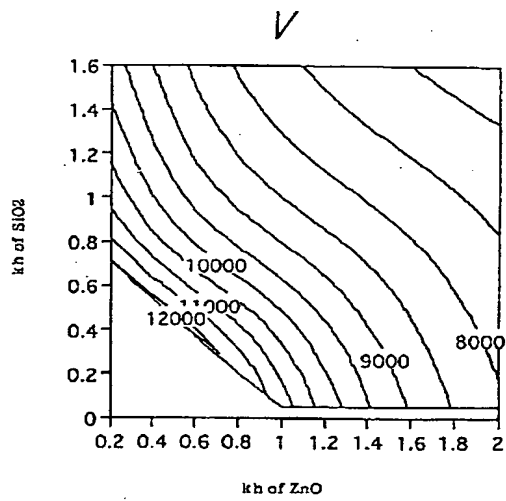


【図 14】



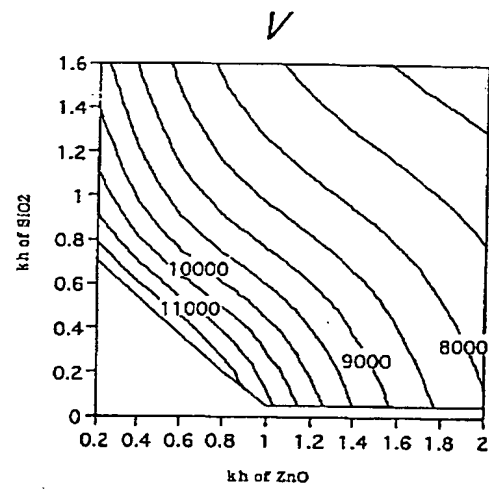
kh of Al = 0.086

【図 15】



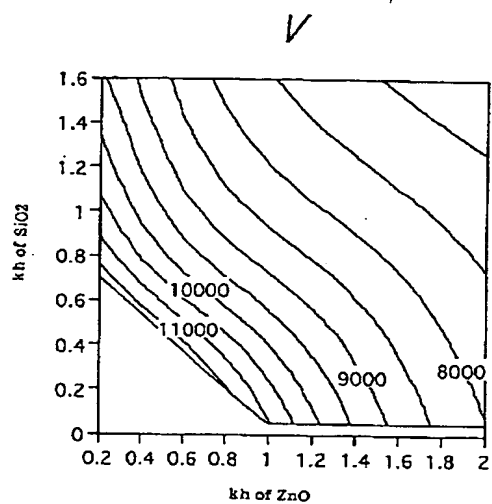
kh of Al = 0.132

【図 16】

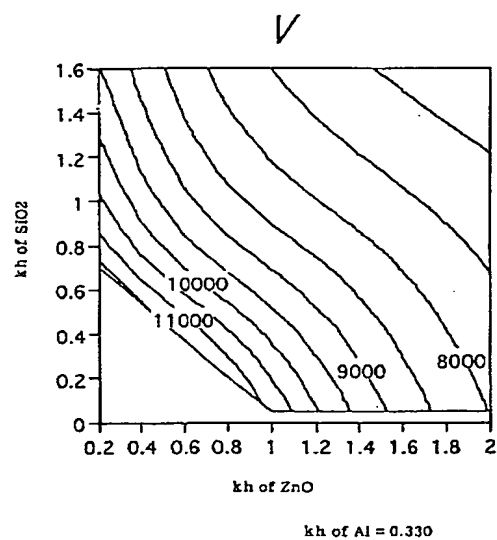


kh of Al = 0.198

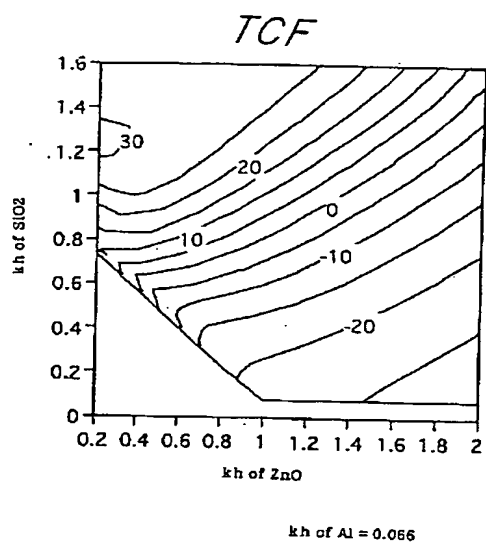
【圖 17】



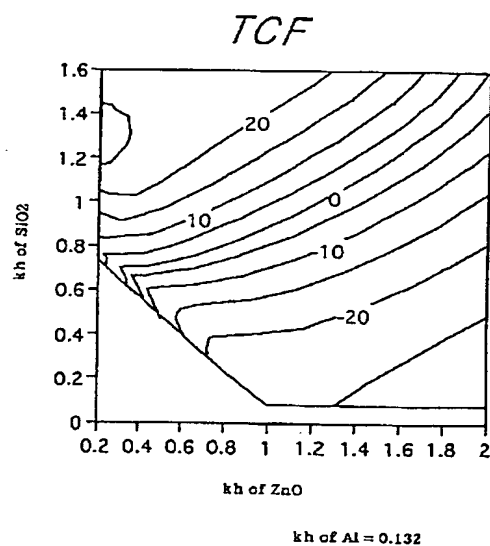
【圖 18】



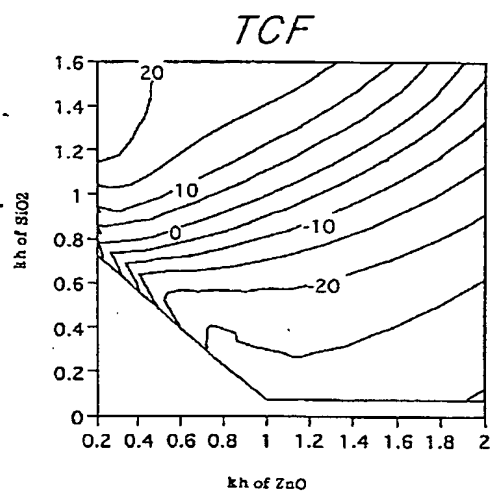
【圖 19】



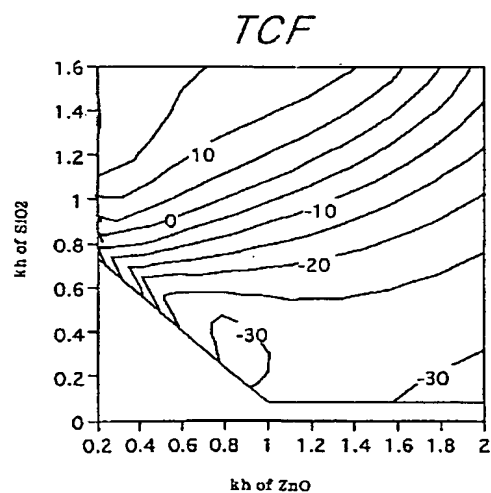
【圖 20】



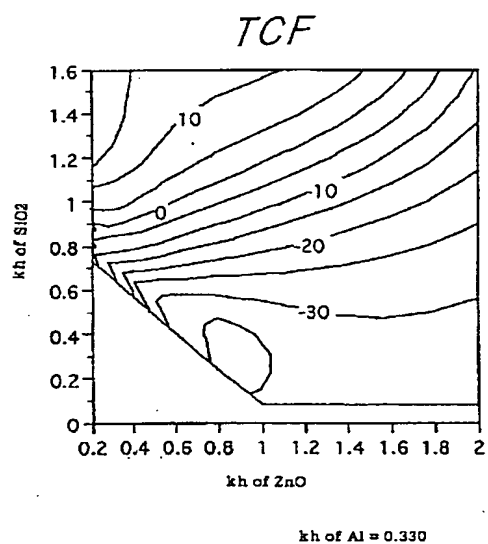
【圖 2 1】



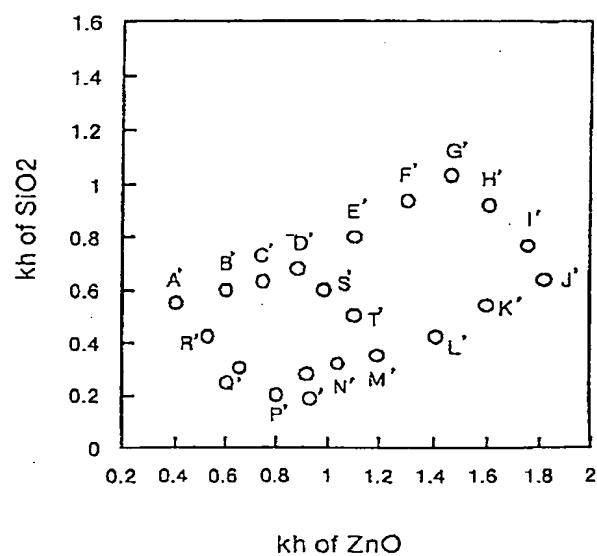
【圖 2 2】



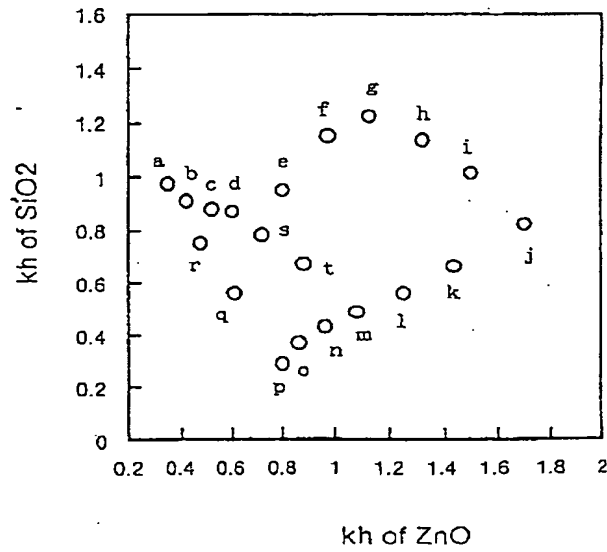
【圖 2 3】



【圖 2 4】

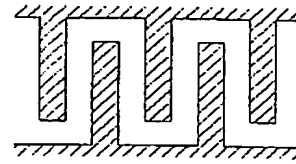


【圖 25】

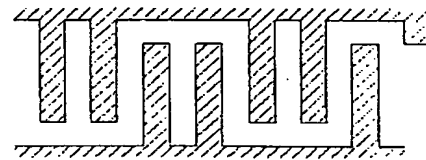


【圖 26】

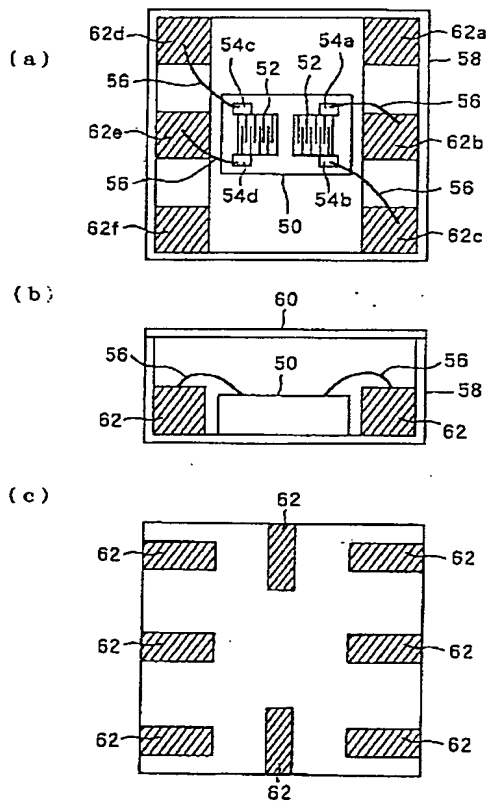
(a)



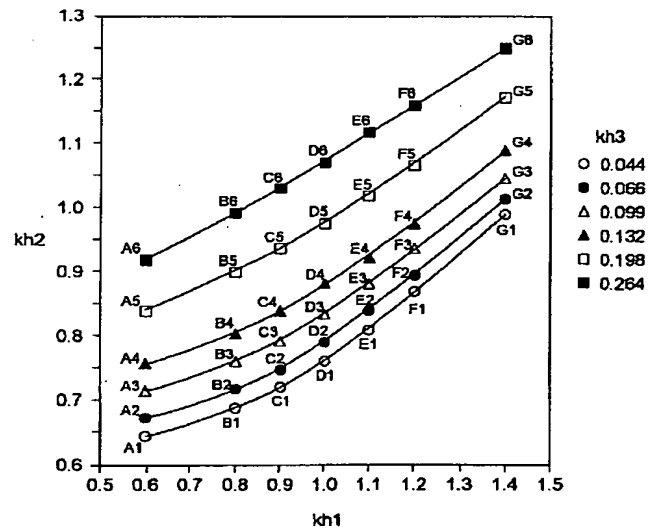
(b)



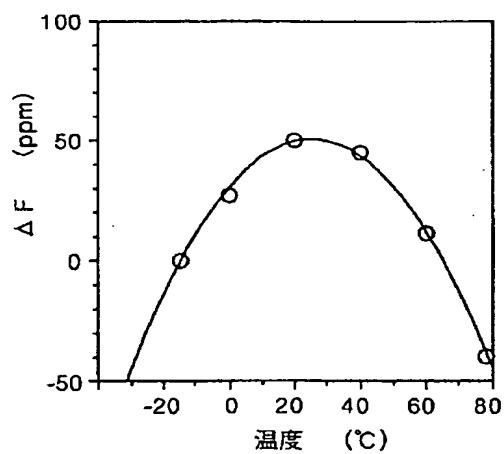
【圖 27】



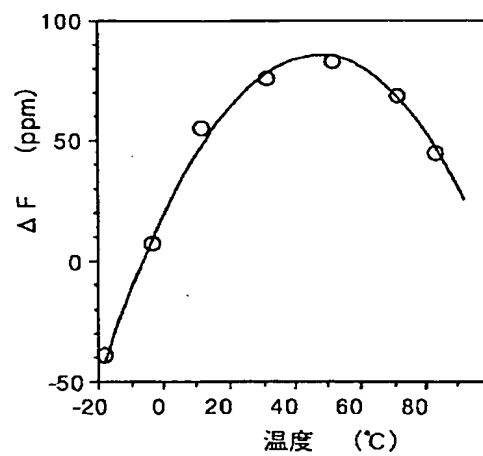
【圖 28】



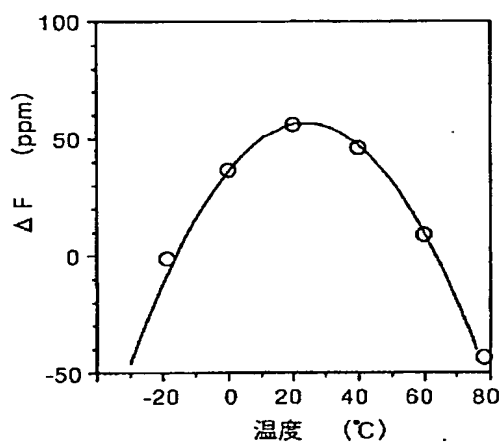
【圖 29】



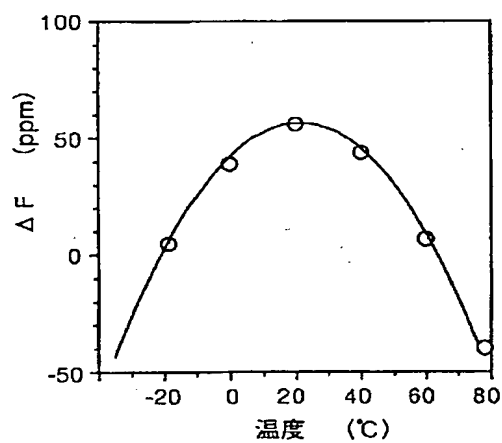
【圖 30】



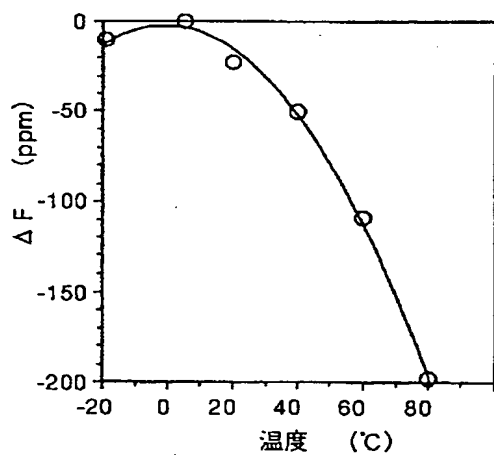
【圖 31】



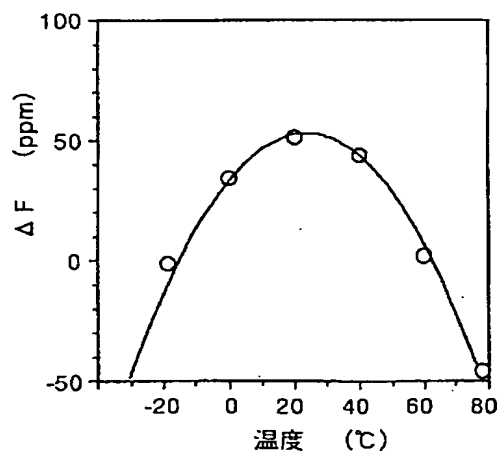
【圖 32】



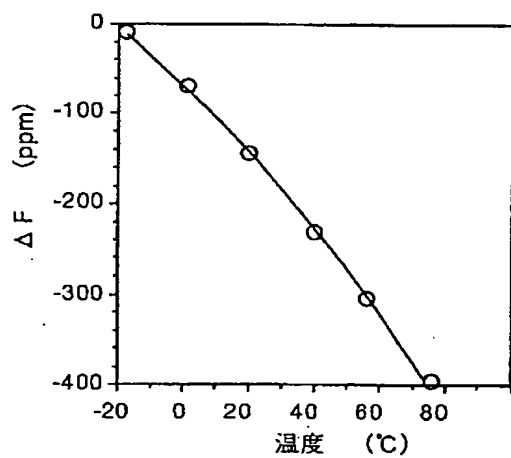
【圖 33】



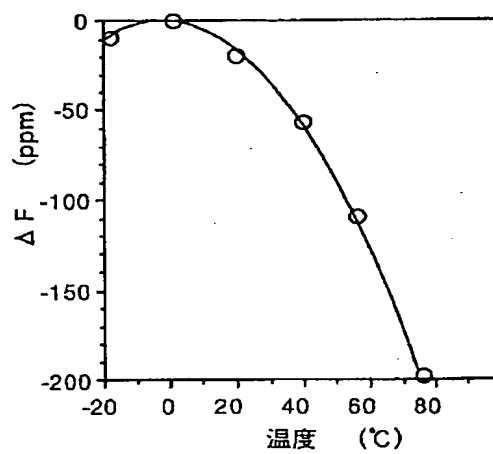
【圖 34】



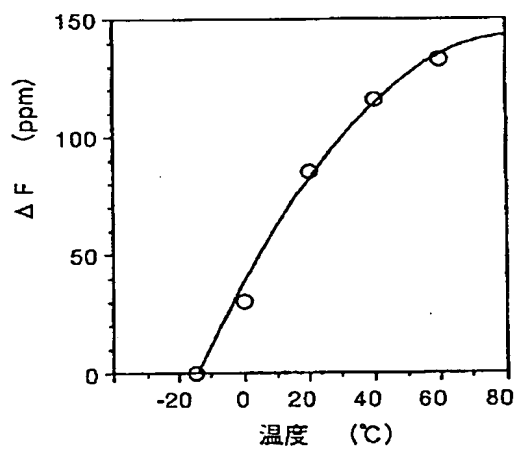
【圖 3 5】



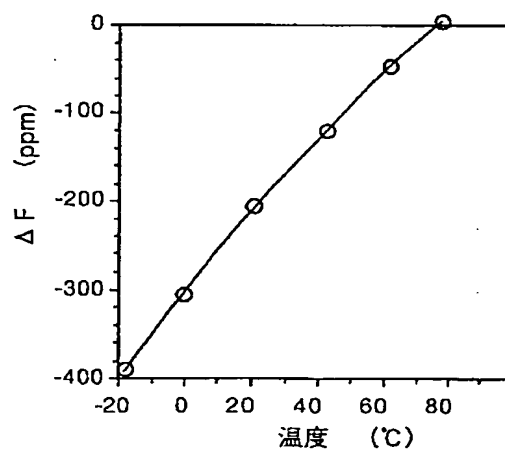
【圖 3 6】



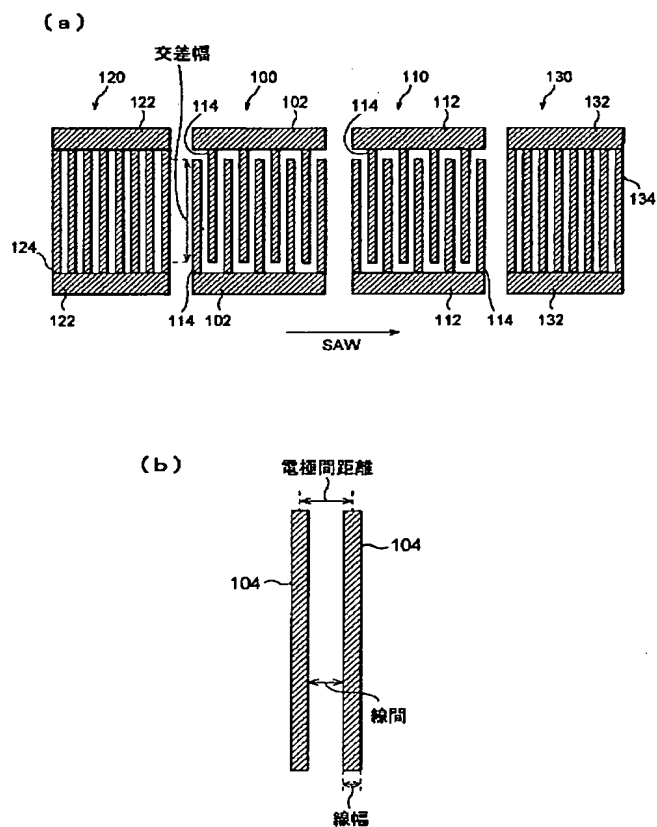
【圖 3 7】



【圖 3 8】



【図 39】



フロントページの続き

- (72)発明者 藤井 知
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
- (72)発明者 北林 弘之
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
- (72)発明者 鹿田 真一
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内